

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-4930

(P2002-4930A)

(43)公開日 平成14年1月9日(2002.1.9)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F 0 2 D 45/00

識別記号

3 1 4

3 1 2

F I

F 0 2 D 45/00

テ-マ-ト(参考)

3 1 4 Z 3 G 0 8 4

3 1 2 B 3 G 0 9 1

3 1 2 G 3 G 3 0 1

3 1 2 J 4 D 0 4 8

3 1 2 K

審査請求 未請求 請求項の数26 OL (全30頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2000-191677(P2000-191677)

(22)出願日

平成12年6月26日(2000.6.26)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 加古 純一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72)発明者 不破 直秀

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外1名)

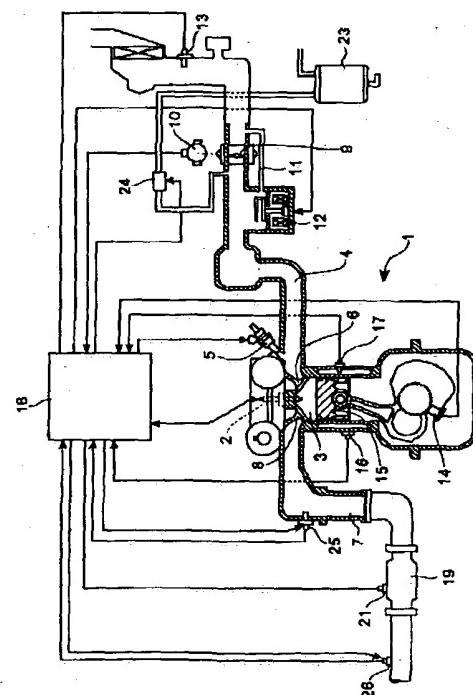
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置

(57)【要約】

【課題】 排気浄化触媒の酸素吸蔵作用をより効果的に利用して、排気浄化特性がより一層優れた内燃機関の空燃比制御装置を提供する。

【解決手段】 本発明の内燃機関の空燃比制御装置は、内燃機関1の排気通路7に配設された排気浄化触媒19の酸素吸蔵量を酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段18と、排気浄化触媒19の下流側に配設された下流側排気空燃比検出手段26と、検出された排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段18と、推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段18とを備えており、酸素吸蔵量推定手段18が、吸気通路4の内面への付着燃料を考慮した燃料挙動モデルによって予測される気筒内に供給される燃料量に基づいて、酸素吸蔵量を推定することを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記酸素吸蔵量推定手段が、内燃機関の吸気通路内面への付着燃料を考慮した燃料挙動モデルによって予測される気筒内に供給される燃料量に基づいて、酸素吸蔵量を推定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項2】 前記排気通路上の前記排気浄化触媒の上流側に配設され、前記排気浄化触媒の上流側排気空燃比を検出する上流側排気空燃比検出手段をさらに備え、前記酸素吸蔵量推定手段が、前記上流側空燃比センサの応答遅れを考慮して酸素吸蔵量を推定することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項3】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記酸素吸蔵量推定手段が、前記排気浄化触媒を通過する通過ガス流量に基づいて酸素吸蔵量を推定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項4】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃

比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、前記酸素吸蔵量推定手段が、前記内燃機関の空燃比変化量の大小に基づいて酸素吸蔵量を推定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項5】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記最大酸素吸蔵量推定手段は、推定した最大酸素吸蔵量を、前記排気浄化触媒を通過する通過ガス流量に基づいてさらに補正することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項6】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記最大酸素吸蔵量推定手段は、推定した最大酸素吸蔵量を、制御空燃比変化量の大小に基づいてさらに補正することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項7】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する

下流側排気空燃比検出手段と、  
前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、  
推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、  
前記酸素吸収量推定手段は、燃焼モデルによって予測される前記排気浄化触媒に流入する排気ガス組成に基づいて、酸素吸収量を推定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項8】 前記燃焼モデルが、燃料性状に基づいて修正されることを特徴とする請求項7に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項9】 前記燃焼モデルが、前記内燃機関の運転状態に応じて修正されることを特徴とする請求項7に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項10】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記排気浄化触媒に流入する排気ガス組成に基づいて、前記下流側空燃比検出手段の検出結果が補正されることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項11】 排気ガス組成が、燃焼モデルによって予測されることを特徴とする請求項10に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項12】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比

の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、  
推定された酸素吸収量と検出された下流側排気空燃比とに基づいて、推定された酸素吸収量が異常であるか否かを判定する異常判定手段を備えていることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項13】 前記異常判定手段は、推定された酸素吸収量が異常であると判定した際には、それまでの酸素吸収量の履歴を抹消し、新規に酸素吸収量の推定を開始することを特徴とする請求項12に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項14】 前記異常判定手段は、推定された酸素吸収量が異常であると判定した際には、酸素吸収量推定モデルを修正することを特徴とする請求項13に記載の内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項15】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記最大酸素吸収量推定手段によって推定された最大酸素吸収量が所定値を超える場合には、推定された最大酸素吸収量が異常であると判定する異常判定手段を備えていることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項16】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記下流側空燃比検出手段によって検出された排気空燃比の変化勾配に基づいて、前記排気浄化触媒の劣化度合いを検出する触媒劣化検出手段を備えていることを特徴

とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項17】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、  
前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記排気浄化触媒の酸素吸収能力を最大限利用していない吹き抜け現象が発生する吹抜発生酸素吸収量が予め設定され、吹き抜け現象発生時に前記吹抜発生酸素吸収量に基づいて酸素吸収量を較正することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項18】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて設定される酸素吸収量の目標値となる酸素吸収量目標値を設定する吸収量目標値設定手段を備え、

前記吸収量目標値設定手段が、酸素吸収量目標値に固定強制振動を与えることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項19】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段

と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記空燃比目標値設定手段は、制御空燃比の振幅が徐々に大きくなるように目標値を設定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項20】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記空燃比目標値設定手段は、制御空燃比の周期が徐々に長くなるように目標値を設定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項21】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、

推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

酸素吸収量の目標値を設定する酸素吸収量目標値設定手段を備え、

前記酸素吸収量目標値設定手段は、酸素吸収量の最小値と最大値との間に複数の目標値を設定し、これらを切り替えて制御目標として設定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項22】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する

下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記空燃比目標値設定手段は、前記内燃機関の冷間始動直後又は低負荷運転時に、制御空燃比の目標値をリーン領域内に設定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項23】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記空燃比目標値設定手段は、前記内燃機関の高負荷運転時に、制御空燃比の目標値をリッチ領域内に設定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項24】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記空燃比目標値設定手段は、前記内燃機関への燃料カット実行前又は前記内燃機関の停止前に、制御空燃比の目標値をリッチ領域内に設定する運転期間を設定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項25】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵

量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記空燃比目標値設定手段は、前記酸素吸蔵量推定手段によって推定された酸素吸蔵量又は前記最大酸素吸蔵量推定手段によって推定された最大酸素吸蔵量に基づいて、空燃比フィードバックのゲインを設定することを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項26】 内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸蔵量を、前記内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸蔵量推定手段と、

前記排気通路上の前記排気浄化触媒の下流側に配設され、前記排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、

前記下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸蔵量推定値に基づいて最大酸素吸蔵量を推定する最大酸素吸蔵量推定手段と、

推定された最大酸素吸蔵量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えた内燃機関の空燃比制御装置であって、

前記酸素吸脱量が排気浄化触媒非劣化時の瞬時吸蔵可能酸素量又は瞬時放出可能酸素量の範囲内にとなるように制御空燃比が制御されたときの前記下流側空燃比検出手段の出力に基づいて前記排気浄化触媒の劣化を検出する触媒劣化検出手段を備えていることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関の空燃比制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 内燃機関では、排気ガスを浄化するために排気通路上に排気浄化触媒（三元触媒）を配置し、排気通路に設けた空燃比センサにより空燃比を検出して、混合気が理論空燃比となるようにフィードバック制御を行うことにより、窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCを同時に低減するようしている。

【0003】 内燃機関から排出される排気ガスの浄化率をさらに向上させるには、上述したフィードバック制御を精度良く行うことが有効である。また、排気浄化触媒

の酸素吸収作用に着目して、窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCの浄化率をより一層向上させることも有効である。この酸素吸収作用を効果的に利用するための制御が従来から検討されている。このような酸素吸収作用に着目した制御装置としては、特開平9-310635号公報に記載のものなどがある。特開平9-310635号公報に記載の制御装置は、排気浄化触媒に吸収される酸素量（酸素吸収量）の目標値を、排気浄化触媒が吸収し得る最大の酸素吸収量（最大酸素吸収量）の半分程度となるように設定し、酸素吸収量がこの目標値となるように空燃比を制御するものであった。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した公報に記載の制御装置における最大酸素吸収量は、基本的には既定値（あるいは、既定値を補正したもの）であり、必ずしも現実の最大酸素吸収量を反映したものではなかった。このため、排気浄化触媒の性能を最大限に引き出しているない状況もあった。そこで、より一層高度な浄化特性を得られるような改善が望まれていた。

【0005】従って、本発明の目的は、排気浄化触媒の酸素吸収作用をより効果的に利用して、排気浄化特性がより一層優れた内燃機関の空燃比制御装置を提供することにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1～請求項26に記載の本発明の内燃機関の空燃比制御装置は何れも、内燃機関の排気通路に配設された排気浄化触媒の酸素吸収量を、内燃機関の空燃比から算出される酸素吸脱量の履歴に基づいて推定する酸素吸収量推定手段と、排気通路上の排気浄化触媒の下流側に配設され、排気浄化触媒の下流側の排気空燃比を検出する下流側排気空燃比検出手段と、下流側空燃比検出手段によって検出される排気空燃比が所定空燃比であるときの酸素吸収量推定値に基づいて最大酸素吸収量を推定する最大酸素吸収量推定手段と、推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段とを備えている。

【0007】そして、請求項1に記載の発明においては、酸素吸収量推定手段が、内燃機関の吸気通路内面への付着燃料を考慮した燃料挙動モデルによって予測される気筒内に供給される燃料量に基づいて、酸素吸収量を推定することを特徴としている。

【0008】請求項2に記載の発明は、上述した請求項1に記載の発明において、排気通路上の排気浄化触媒の上流側に配設され、排気浄化触媒の上流側排気空燃比を検出する上流側排気空燃比検出手段をさらに備え、酸素吸収量推定手段が、上流側空燃比センサの応答遅れを考慮して酸素吸収量を推定することを特徴としている。

【0009】請求項3に記載の発明は、酸素吸収量推定手段が、排気浄化触媒を通過する通過ガス流量に基づい

て酸素吸収量を推定することを特徴としている。

【0010】請求項4に記載の発明は、酸素吸収量推定手段が、内燃機関の空燃比変化量の大小に基づいて酸素吸収量を推定することを特徴としている。

【0011】請求項5に記載の発明は、最大酸素吸収量推定手段は、推定した最大酸素吸収量を、排気浄化触媒を通過する通過ガス流量に基づいてさらに補正することを特徴としている。

【0012】請求項6に記載の発明は、最大酸素吸収量推定手段は、推定した最大酸素吸収量を、制御空燃比変化量の大小に基づいてさらに補正することを特徴としている。

【0013】請求項7に記載の発明は、酸素吸収量推定手段は、燃焼モデルによって予測される排気浄化触媒に流入する排気ガス組成に基づいて、酸素吸収量を推定することを特徴としている。

【0014】請求項8に記載の発明は、上述した請求項7に記載の発明において、燃焼モデルが、燃料性状に基づいて修正されることを特徴としている。

【0015】請求項9に記載の発明は、上述した請求項7に記載の発明において、燃焼モデルが、前記内燃機関の運転状態に応じて修正されることを特徴としている。

【0016】請求項10に記載の発明は、排気浄化触媒に流入する排気ガス組成に基づいて、下流側空燃比検出手段の検出結果が補正されることを特徴としている。

【0017】請求項11に記載の発明は、上述した請求項10に記載の発明において、排気ガス組成が、燃焼モデルによって予測されることを特徴としている。

【0018】請求項12に記載の発明は、推定された酸素吸収量と検出された下流側排気空燃比とにに基づいて、推定された酸素吸収量が異常であるか否かを判定する異常判定手段を備えていることを特徴としている。

【0019】請求項13に記載の発明は、上述した請求項12に記載の発明において、異常判定手段は、推定された酸素吸収量が異常であると判定した際には、それまでの酸素吸収量の履歴を抹消し、新規に酸素吸収量の推定を開始することを特徴としている。

【0020】請求項14に記載の発明は、上述した請求項13に記載の発明において、異常判定手段は、推定された酸素吸収量が異常であると判定した際には、酸素吸収量推定モデルを修正することを特徴としている。

【0021】請求項15に記載の発明は、最大酸素吸収量推定手段によって推定された最大酸素吸収量が所定値を超える場合には、推定された最大酸素吸収量が異常であると判定する異常判定手段を備えていることを特徴としている。

【0022】請求項16に記載の発明は、下流側空燃比検出手段によって検出された排気空燃比の変化勾配に基づいて、排気浄化触媒の劣化度合いを検出する触媒劣化検出手段を備えていることを特徴としている。

【0023】請求項17に記載の発明は、排気浄化触媒の酸素吸収能力を最大限利用していない吹き抜け現象が発生する吹抜発生酸素吸収量が予め設定され、吹き抜け現象発生時に吹抜発生酸素吸収量に基づいて酸素吸収量を較正することを特徴としている。

【0024】請求項18に記載の発明は、推定された最大酸素吸収量推定値に基づいて設定される酸素吸収量の目標値となる酸素吸収量目標値を設定する吸収量目標値設定手段を備え、吸収量目標値設定手段が、酸素吸収量目標値に固定強制振動を与えることを特徴としている。

【0025】請求項19に記載の発明は、空燃比目標設定手段は、制御空燃比の振幅が徐々に大きくなるように目標値を設定することを特徴としている。

【0026】請求項20に記載の発明は、前記空燃比目標設定手段は、制御空燃比の周期が徐々に長くなるように目標値を設定することを特徴としている。

【0027】請求項21に記載の発明は、酸素吸収量の目標値を設定する酸素吸収量目標値設定手段を備え、酸素吸収量目標値設定手段は、酸素吸収量の最小値と最大値との間に複数の目標値を設定し、これらを切り替えて制御目標として設定することを特徴としている。

【0028】請求項22に記載の発明は、空燃比目標値設定手段は、内燃機関の冷間始動直後又は低負荷運転時に、制御空燃比の目標値をリーン領域内に設定することを特徴としている。

【0029】請求項23に記載の発明は、空燃比目標値設定手段は、内燃機関の高負荷運転時に、制御空燃比の目標値をリッチ領域内に設定することを特徴としている。

【0030】請求項24に記載の発明は、空燃比目標値設定手段は、内燃機関への燃料カット実行前又は内燃機関の停止前に、制御空燃比の目標値をリッチ領域内に設定する運転期間を設定することを特徴としている。

【0031】請求項25に記載の発明は、空燃比目標値設定手段は、酸素吸収量推定手段によって推定された酸素吸収量又は最大酸素吸収量推定手段によって推定された最大酸素吸収量に基づいて、空燃比フィードバックのゲインを設定することを特徴としている。

【0032】請求項26に記載の発明は、酸素吸収量が排気浄化触媒非劣化時の瞬時吸収可能酸素量又は瞬時放出可能酸素量の範囲内となるように制御空燃比が制御されたときの前記下流側空燃比検出手段の出力に基づいて前記排気浄化触媒の劣化を検出する触媒劣化検出手段を備えていることを特徴としている。

### 【0033】

【発明の実施の形態】実施形態の説明の前に、排気浄化触媒の酸素吸収作用について簡単に説明する。

【0034】以下に説明する実施形態においては、図1に示されるように、排気通路7上に排気浄化触媒19を有している。なお、排気浄化触媒は、排気通路上に上流

下流方向に複数設けられる場合もある。また、多気筒エンジンなどの場合、各シリンダ毎の排気管が一つにまとめられる箇所よりも上流側に排気浄化触媒を配置する場合も、複数設けられる場合もある。例えば、四気筒のエンジンに対して、そのうちの二気筒の排気管が一つにまとめられた箇所に排気浄化触媒が一つ設置され、残りの二気筒の排気管が一つにまとめられた箇所にもう一つの排気浄化触媒が設置される場合などである。本実施形態においては、各シリンダ3毎の排気管が一つにまとめられた箇所よりも下流側に一つの排気浄化触媒19が配設されている。

【0035】以下の実施形態における排気浄化触媒19としては、酸素吸収作用を有する三元触媒が用いられている。この三元触媒は、セリア( $CeO_2$ )等の成分を有し、排気ガス中の酸素を吸収・放出する性質を有している。

【0036】この三元触媒の酸素吸収放出機能は、混合気の空燃比がリーンになると排気ガス中に存在する過剰酸素を吸着保持し、空燃比がリッチになると吸着保持された酸素を放出するものであり、混合気がリーンになったときには過剰な酸素が触媒に吸着保持されるために窒素酸化物 $NO_x$ が還元され、混合気がリッチになったときには触媒に吸着保持された酸素が放出するために一酸化炭素 $CO$ や炭化水素 $HC$ が酸化され、窒素酸化物 $NO_x$ 、一酸化炭素 $CO$ 、炭化水素 $HC$ を共に浄化することができる。

【0037】このとき、上述したように、三元触媒がその酸素吸収能力の限界まで酸素を吸収していれば、入ガスの排気空燃比がリーンとなったときに酸素を吸収することができなくなり、排気ガス中の窒素酸化物 $NO_x$ を充分に浄化できなくなる。一方、三元触媒が酸素を放出しきって酸素を全く吸収していなければ、入ガスの排気空燃比がリッチとなったときに酸素を放出することができないので、排気ガス中の一酸化炭素 $CO$ や炭化水素 $HC$ を充分に浄化できなくなる。このため、入ガスの排気空燃比がリーンとなってもリッチとなっても対応できるように酸素吸収量を維持することが好ましい。

【0038】三元触媒の酸素吸収量を好ましい範囲に維持するためには、三元触媒に吸収されている酸素吸収量を正確に把握する必要がある。酸素吸収量は、空燃比から三元触媒が吸収・放出する酸素量を求め、これを積算することによって得ている。即ち、酸素吸収量を正確に算出しようとする場合、空燃比を正確に得る必要がある。また、言うまでもなく、正確な空燃比が得られれば、正確な空燃比フィードバック制御を行うこともできる。

【0039】以下には、請求項1～請求項26に記載の本発明の内燃機関の空燃比制御装置の実施形態について説明するが、各請求項に対応する空燃比制御装置の構成は共通である。このため、図1に本実施形態の制御装置を有する内燃機関の構成図を示す。

【0040】本実施形態の制御装置は、内燃機関である

エンジン1を制御するものである。エンジン1は、図1に示されるように、点火プラグ2によって各シリンダ3内の混合気に対して点火を行うことによって駆動力を発生する。エンジン1の燃焼に際して、外部から吸入した空気は吸気通路4を通り、インジェクタ5から噴射された燃料と混合され、混合気としてシリンダ3内に吸きられる。シリンダ3の内部と吸気通路4との間は、吸気バルブ6によって開閉される。シリンダ3の内部で燃焼された混合気は、排気ガスとして排気通路7に排気される。シリンダ3の内部と排気通路7との間は、排気バルブ8によって開閉される。

【0041】なお、シリンダ3内に供給され燃焼に寄与する燃料量は、インジェクタ5から噴射された燃料量と必ずしも一致するとは限らない。その大きな要因としては、シリンダ3や吸気ポートの内壁への燃料の付着、又は、これらの内壁からの付着燃料の離脱が挙げられる。即ち、インジェクタ5から噴射された燃料の一部は、シリンダ3や吸気ポートの内壁に付着し、この付着した燃料は燃焼されない。これとは反対に、シリンダ3や吸気ポートの内壁に既に付着していた燃料が剥離し、燃焼される場合もある。

【0042】吸気通路4上には、シリンダ3内に吸入される吸入空気量を調節するスロットルバルブ9が配設されている。このスロットルバルブ9には、その開度を検出するスロットルポジションセンサ10が接続されている。また、吸気通路4上には、アイドル時（スロットルバルブ9の全閉時）にバイパス通路11を介してシリンダ3に供給される吸入空気量を調節するエアバイパスバルブ12も配されている。さらに、吸気通路4上には、吸入空気量を検出するためのエアフローメータ13も取り付けられている。

【0043】エンジン1のクランクシャフト近傍には、クランクシャフトの位置を検出するクランクポジションセンサ14が取り付けられている。クランクポジションセンサ14の出力からは、シリンダ3内のピストン15の位置や、エンジン回転数NEを求める事もできる。また、エンジン1には、エンジン1のノッキングを検出するノックセンサ16や冷却水温度を検出する水温センサ17も取り付けられている。

【0044】これらの点火プラグ2、インジェクタ5、スロットルポジションセンサ10、エアバイパスバルブ12、エアフローメータ13、クランクポジションセンサ14、ノックセンサ16、水温センサ17やその他のセンサ類は、エンジン1を総合的に制御する電子制御ユニット（ECU）18と接続されており、ECU18からの信号に基づいて制御され、あるいは、検出結果をECU18に対して送出している。排気通路7上に配設された排気净化触媒19の温度を測定する触媒温度センサ21、チャコールキャニスター23によって捕集された燃料タンク内での蒸発燃料を吸気通路4上にバージさせるバ

ージコントロールバルブ24もECU18に接続されている。

【0045】また、ECU18には、排気净化触媒19の上流側に取り付けられた上流側空燃比センサ25及び排気净化触媒19の下流側に取り付けられた下流側空燃比センサ26も接続されている。上流側空燃比センサ25は、その取付位置における排気ガス中の酸素濃度から排気空燃比をリニアに検出するリニア空燃比センサである。下流側空燃比センサ26は、その取付位置における排気ガス中の酸素濃度から排気空燃比をオン-オフ的に検出する酸素センサである。なお、これらの空燃比センサ25、26は、所定の温度（活性化温度）以上とならなければ正確な検出を行えないため、早期に活性化温度に昇温されるように、ECU18から供給される電力によって昇温される。

【0046】ECU18は、内部に演算を行うCPUや演算結果などの各種情報量を記憶するRAM、バッテリによってその記憶内容が保持されるバックアップRAM、各制御プログラムを格納したROM等を有している。ECU18は、空燃比に基づいてエンジン1を制御したり、排気净化触媒19に吸収されている酸素吸蔵量を演算する。また、ECU18は、インジェクタ5によって噴射する燃料噴射量を演算したり、酸素吸蔵量の履歴から排気净化触媒19の劣化判定も行う。即ち、ECU18は、検出した排気空燃比や算出した酸素吸蔵量などに基づいてエンジン1を制御する。

【0047】次に、上述した空燃比制御装置によって、酸素吸脱量の履歴を用いて排気净化触媒19の酸素吸蔵量を好適な値に維持するフィードバック制御と排気净化触媒19の劣化検出制御について説明する。

【0048】なお、以下に説明する酸素吸蔵量に関する説明や触媒劣化判定の説明の後に、請求項1～請求項26に関する各制御例について説明するが、請求項1～請求項26に関する各制御例においては以下に説明する制御と若干異なる制御方法が用いられる場合もある。ここで説明する酸素吸蔵量O2SUMの制御は、これらの基本となるものとして説明するものである。請求項1～請求項26に関する各制御例において異なる部分については、各制御例の説明時に詳しく説明する。説明を容易にするために、この基本となる制御における各制御量の時間的変化の例を図2に示す。

【0049】酸素吸蔵量O2SUMは、上流側空燃比センサ25によって検出される排気净化触媒19の上流側の排気空燃比Abyfから排気净化触媒19の酸素吸脱量O2ADを推定し、これを積算していくことによって（即ち、履歴を用いることによって）得られる。ここでは、酸素吸脱量O2ADが正の値の時は酸素が排気净化触媒19に吸蔵され、負の値の時は酸素が放出されるものとする。まず、酸素吸蔵量O2SUMの算出について、図3に示されるフローチャートに基づいて説明する。

【0050】なお、ここでは、酸素吸蔵量O2SUMは、ある時点（例えばイグニションオン時）を基準（O2SUM=0）として算出される。即ち、酸素吸蔵量O2SUMは、排気浄化触媒19に酸素が吸蔵される場合は加算され、放出される場合は減算される。

【0051】まず、上流側空燃比センサ25によって排気浄化触媒19への入ガスの排気空燃比Abyfを検出する。また、エアフロメータ13によって吸入空気量Gaを検出する。この吸入空気量Gaや排気空燃比Abyf、燃料噴射量などから、排気浄化触媒19に吸蔵・放出される酸素の酸素吸脱量O2ADを算出する（ステップ100）。この酸素吸脱量O2ADの算出は、ECU18内のマップから求めても良いし、ECU18に記憶させた計算式を用いて算出しても良い。

【0052】ステップ100の後、下流側排気空燃比のリーンフラグXleanがオンで、かつ、算出した酸素吸脱量O2ADが正の値であるか否かを判定する（ステップ110）。なお、下流側排気空燃比のリーンフラグXlean及びリッチフラグXrichについては追って詳述するが、リーンフラグXlean及びリッチフラグXrichは、排気浄化触媒19の下流側の排気空燃比がリーンの時はリーンフラグXleanがオンとされ、リッチの時はリッチフラグXrichがオンとされるものである。

【0053】ステップ110において、下流側排気空燃比のリーンフラグXleanがオンということは、排気浄化触媒19からの出ガスの排気空燃比がリーンで酸素量が余剰であるということである。また、酸素吸脱量O2ADが正の値であるということは、排気浄化触媒19への入ガスには、吸蔵し得る酸素が含まれている状態であると言える。従って、ステップ110が肯定される場合は、排気浄化触媒19への入ガスには吸蔵し得る酸素が含まれているにもかかわらず、排気浄化触媒19は既に限界まで酸素を吸蔵しており、それ以上酸素を吸蔵できない状態である。

【0054】このため、ステップ110が肯定される場合は、そのままこのルーチンを終了し、排気浄化触媒19の酸素吸蔵量O2SUMを更新しない。ステップ110が肯定されているときに酸素吸蔵量O2SUMを更新してしまうと、実際には吸蔵できない酸素を吸蔵したとしてしまうので、このように酸素吸蔵量O2SUMの更新を禁止する。ステップ110が否定される場合は、今度は、下流側排気空燃比のリッチフラグXrichがオンで、かつ、算出した酸素吸脱量O2ADが負の値であるか否かを判定する（ステップ120）。

【0055】下流側排気空燃比のリッチフラグXrichがオンということは、排気浄化触媒19からの出ガスの排気空燃比がリッチで酸素量が不足している状態ということである。また、酸素吸脱量O2ADが負の値であるということは、排気浄化触媒19への入ガスの排気空燃比がリッチであり排気浄化触媒19が吸蔵している酸素を放出

させて排気ガスを浄化すべき状態であると言える。従って、ステップ120が肯定される場合は、排気浄化触媒19への入ガスは排気浄化触媒19から放出される酸素によって浄化される状態であるにもかかわらず、排気浄化触媒19は既に酸素を放出しきっており、それ以上酸素を放出することができない状態である。

【0056】このため、ステップ120が肯定される場合は、それ以上、排気浄化触媒19の酸素吸蔵量O2SUMを更新しない。ステップ120が肯定されているときに酸素吸蔵量O2SUMを更新してしまうと、実際には放出できない酸素を放出したとしてしまうので、このように酸素吸蔵量O2SUMの更新を禁止する。ステップ120も否定された場合は、上述したように、入ガス中に吸蔵できる酸素があるのに酸素を吸蔵しきっている状態ではないので、算出された酸素吸脱量O2ADを用いて酸素吸蔵量O2SUMを更新する（ステップ130）。

【0057】このように、酸素吸蔵量O2SUMを酸素吸脱量O2ADを用いて更新する（ステップ110又はステップ120が肯定される場合は更新は禁止されるが）ことによって、排気浄化触媒19に吸蔵されている酸素量を常に正確に推定することができる。このようにして生成された酸素吸蔵量O2SUMの履歴が、図2のタイミングチャートの上段に示されている。逐次更新される酸素吸蔵量O2SUMは、ECU18に記憶される。

【0058】次いで、酸素吸蔵量O2SUMの上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminの算出について、図4に示すフローチャートに基づいて説明する。

【0059】なお、上述したように酸素吸蔵量O2SUMがある時点を基準としているため、本実施形態においては、上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminもこの時点を基準とする。また、酸素吸蔵量O2SUMの基準（O2SUM=0）が規定される時点では、O2SUMmax=O2SUMmin=0である。

【0060】まず、図2のタイミングチャート中の下段に示されるように、下流側空燃比センサ25の出力電圧V02が、予め定められたリーン側閾値Vlean（ここでは、具体的には0.3V）未満であるか否かを判定する（ステップ200）。出力電圧V02がリーン側閾値Vlean未満であるということは、排気浄化触媒19がその酸素吸蔵能力の限界まで酸素を吸蔵しているので、それ以上吸蔵することができない状態であると考えられる。このため、ステップ200が肯定される場合は、酸素吸蔵量O2SUMが上限に達しているとして、その時点の酸素吸蔵量O2SUMを上限値O2SUMmaxとしてECUに記憶する。また、排気浄化触媒19の下流側排気空燃比の状態を示すフラグについては、リーンフラグXleanをオンにセットし、リッチフラグXrichをオフにセットする（ステップ210）。

【0061】ステップ200が否定される場合は、下流側空燃比センサ25の出力電圧V02が、予め定められた

リッチ側閾値Vrich（ここでは、具体的には0.7V）を超えているか否かを判定する（ステップ220）。出力電圧V02がリッチ側閾値Vrichを超えているということは、排気浄化触媒19が酸素を吸収しておらず、それ以上酸素を放出できない状態であると考えられる。このため、ステップ220が肯定される場合は、酸素吸収量O2SUMが下限に達しているとして、その時点の酸素吸収量O2SUMを下限値O2SUMminとしてECUに記憶する。また、排気浄化触媒19の下流側排気空燃比の状態を示すフラグについては、リーンフラグXleanをオフにセットし、リッチフラグXrichをオンにセットする（ステップ230）。

【0062】ステップ220が否定される場合は、下流側空燃比センサ25の出力電圧V02が、リーン側閾値Vleanとリッチ側閾値Vrichとの間にある（Vlean≤V02≤Vrich）ので、排気浄化触媒19からの出ガスの排気空燃比はリーンでもリッチでもなく、理論空燃比近傍にあるとみなせる。この場合は、リーンフラグXlean・リッチフラグXrich共オフにする（ステップ240）。

【0063】上述したように、酸素吸収量O2SUMの履歴が逐次更新され、この履歴と下流側空燃比センサ25の出力とから上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminが更新されていく。このため、上限値O2SUMmaxと下限値O2SUMminとの差(O2SUMmax-O2SUMmin)をとれば、排気浄化触媒19の吸収し得る最大限の酸素量（最大酸素吸収量）を得ることができる。そして、排気浄化触媒19の最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)は、排気浄化触媒19の温度などに依存して変動しているが、上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminが常に更新されるので、常に最適な値に維持される。

【0064】次いで、上述した上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminから酸素吸収量O2SUMの目標値O2SUMrefを設定する基本的な制御について説明する。また、この目標値O2SUMrefから燃料噴射制御に用いる補正係数KAFを算出する制御についても説明する。この制御を示すフローチャートを図5に示す。

【0065】まず、エアフロメータ13によって検出される吸入空気量Gaが予め設定された閾値G1未満であり、かつ、クランクポジションセンサ14によって検出されるエンジン回転数NEが予め設定された閾値N1未満であるか否かを判定する（ステップ300）。ステップ300が肯定される場合は、エンジン1が、排気浄化触媒19の酸素吸収量O2SUMに基づく燃料噴射量のフィードバック制御範囲内の軽負荷領域で運転されていると判断することができる。この場合は、酸素吸収量O2SUMの目標値O2SUMrefを、上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminとの平均値(O2SUMmax+O2SUMmin)/2に設定する（ステップ310）。

【0066】これらの演算はECU18内において行われる。このように目標値O2SUMrefを設定することによっ

て、排気浄化触媒19の酸素吸収マージンと酸素放出マージンとをほぼ等しくすることができ、酸素を吸収する場合と酸素を放出させる場合との何れにも等しく対応し得る状態を目標とすることになる。

【0067】一方、ステップ300が否定される場合は、エンジン1が、排気浄化触媒19の酸素吸収量O2SUMに基づく燃料噴射量のフィードバック制御範囲内の高負荷領域で運転されていると判断することができる。この場合は、酸素吸収量O2SUMの目標値O2SUMrefを、上述した平均値(O2SUMmax+O2SUMmin)/2よりも下限値O2SUMmin寄りの値に設定する（ステップ320）。ここでは、目標値O2SUMrefを、(O2SUMmax×0.4+O2SUMmin×0.6)として求めている。このようにフィードバック領域内の高負荷寄りの状態では、目標値O2SUMrefを下限値O2SUMmin寄りに設定する理由は、以下に述べる理由による。

【0068】このような高負荷領域でエンジン1が運転される場合は、排気ガス中の窒素酸化物NOxの量が低負荷領域で運転される場合よりも多くなる。このため、排気浄化触媒19が酸素を吸収しきってそれ以上酸素を吸収できない状態になると、排気浄化触媒19によって窒素酸化物NOxを還元させにくくなり、窒素酸化物NOxを充分に浄化できなくなってしまう。このため、高負荷寄りの領域では、排気浄化触媒19の酸素吸収マージンを多めにとり、即ち、目標値O2SUMrefを下限値O2SUMmin寄りに設定し、排気浄化触媒19が酸素を吸収しきってそれ以上酸素を吸収できない状態となるのを防止して窒素酸化物NOxを確実に浄化するようしている。

【0069】ステップ310又はステップ320において目標値O2SUMrefが設定されたら、その時点での酸素吸収量O2SUMと目標値O2SUMrefとのズレ量O2SUMerを算出する（ステップ330）。次いで、このズレ量O2SUMerに基づいて、燃料噴射制御に用いる補正係数KAFをRAM18内に記憶されたマップから求める（ステップ340）。この補正係数KAFを用いて燃料噴射量を補正することによって、排気浄化触媒19の酸素吸収量O2SUMが目標値O2SUMrefとなるようにフィードバック制御される。

【0070】実際にインジェクタ5によって噴射される燃料噴射量（あるいは、燃料噴射のためのインジェクタ5の開弁時間）TAUは、ECU18内において以下の式によって決定される。

$$TAU = TAUP \times KAF \times \alpha + \beta$$

ここで、TAUPは、吸入空気量Gaとエンジン回転数NEから求められる基本燃料噴射量である。この基本燃料噴射量TAUPを上述した酸素吸収量O2SUMのフィードバック制御に関する補正係数KAFやその他の各種補正係数 $\alpha$ 、 $\beta$ で補正することによって、最終的な燃料噴射量TAUが決定される。上述した補正係数 $\alpha$ 、 $\beta$ の一例としては、空燃比フィードバック係数FAFがよく知られている。

【0071】この燃料噴射量TAUを制御することによっ

てエンジン1の吸入空燃比が制御される。上述した補正係数KAF以外の各種補正係数 $\alpha$ 、 $\beta$ についての詳しい説明は省略する。このように補正係数KAFを用いて燃料噴射量を補正することによって、排気浄化触媒19の酸素吸収量O2SUMが目標値O2SUMrefとなるようにフィードバック制御が行われる。

【0072】ここでは、ある時点での酸素吸収量O2SUMを基準(O2SUM=0)に対して酸素吸収量O2SUMの履歴を更新しているので、酸素吸収量O2SUMは、この基準に対して正の値も負の値も取り得る。酸素吸収量O2SUMを正側及び負側で更新させて、その上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminの平均値近傍に目標値O2SUMrefを設定するようになると、この目標値O2SUMrefは基準(O2SUM=0)近傍に設定されることになり、大きく変動しないで制御上好ましい。

【0073】また、上述した上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminを用いて、排気浄化触媒19の劣化判定も行うことも可能である。排気浄化触媒19の最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)は劣化によって減少する。また、ある時点での排気浄化触媒19の最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)は、その温度が高いほど多くなる。このため、図6に示されるようにマップを作成し、ある温度下にある排気浄化触媒19の最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)を算出して図6中にプロットする。「正常」の領域内にプロットされれば、排気浄化触媒19はまだ劣化していないと判定でき、「劣化」の領域内にプロットされるようであれば、排気浄化触媒19の最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が低下しているとして劣化と判定できる。

【0074】なお、ECU18や上流側空燃比センサ25などは、酸素吸収量O2SUMを推定する酸素吸収量推定手段として機能すると共に最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)を推定する最大酸素吸収量推定手段として機能する。また、上流側空燃比センサ25は、上流側空燃比検出手段として機能し、下流側空燃比センサ26は、下流側空燃比検出手段として機能する。さらに、ECU18は、制御空燃比の目標値を設定する空燃比目標値設定手段としても機能する。

【0075】以下、請求項1～請求項26に記載の発明についてそれぞれ説明する。

【0076】まず、請求項1及び請求項2に記載の発明について説明する。

【0077】請求項1に記載の発明は、燃料挙動モデルによって実際に燃焼に寄与すると予測される燃料量を予測し、これに基づいて酸素吸収量を正確に推定するものである。また、請求項2に記載の発明は、これに加えて排気浄化触媒の上流側排気空燃比を検出する上流側排気空燃比検出手段の応答遅れを考慮し、酸素吸収量をより一層正確に推定するものである。

【0078】図7～図9のグラフを参照して、制御装置

による制御の概要を説明する。図7に示されるように、エンジン1の各種状態量からシリンダ3内の空燃比を予測する(空燃比予測値①)。空燃比は、燃焼に寄与する混合気の空気と燃料との比率である。空気量は、吸入空気量としてエアプロメータ13によって検出できる(吸気管負圧から検出する手法もある)。一方、燃料量については、上述したように、インジェクタ5によって噴射した燃料が全てそのまま燃焼に寄与するのではない。

【0079】インジェクタ5によって噴射した燃料量から、シリンダ3や吸気ポート内壁に付着する燃料量や、シリンダ3や吸気ポート内壁に既に付着していた燃料のうち剥離する燃料量などを考慮して、シリンダ3内に供給されて実際に燃焼に寄与する燃料量(燃焼燃料量)を算出する。この吸入空気量と燃焼燃料量とから、空燃比予測値①が算出される。ここでは、燃料の吸気通路4の内面への付着燃料や吸気通路4の内面からの剥離燃料などの燃料の挙動をモデル化したものを燃料挙動モデルと呼ぶ。上述したように、このような燃料挙動モデルから、実際に燃焼に寄与する燃料量(燃焼燃料量)を予測することができる。

【0080】次いで、図8に示されるように、空燃比予測値①から上流側空燃比センサ25が出力すると思われる出力値を予測する(出力予測値②)。上流側空燃比センサ25の特性については、事前にどのようなものであるかを把握することが可能である。そこで、出力予測値②は、空燃比予測値①で燃焼が行われると予測した場合に、上述した上流側空燃比センサ25の特性を考慮すると、上流側空燃比センサ25がどのような検出結果を出力するかを予測したものである。

【0081】上流側空燃比センサ25の特性として、例えば、応答遅れ特性がある。上流側空燃比センサ25がセンサである以上、その応答性には限界がある。このような特性によってセンサの出力には誤差が生じるが、このような特性はセンサ固有の特性として予め把握できる。この誤差を考慮することによって、実際のセンサ出力値から誤差を含まない値を得ることも可能である。

【0082】しかし、ここでは逆に、このようなセンサ特有の誤差を考慮して、予測した誤差を含まない値(空燃比予測値①)から、センサが実際に出力するだろうと思われる出力値(出力予測値②)を予測する。ここで、図9に示されるように、空燃比予測値①と出力予測値②との差分をとれば、検出誤差成分③が求まる。なお、図7～図6に示す場合は、空燃比予測値①が出力予測値②よりもリーン寄りであるが、空燃比予測値①が出力予測値②よりもリッチ寄りとなる場合もあり得る。即ち、検出誤差成分③は、正の場合もあれば負の場合もある。

【0083】一方、図10に示されるように、上述した空燃比予測値①、出力予測値②及び検出誤差成分③の算出と並行して、上流側空燃比センサ25によって、排気

浄化触媒19に流入する排気ガスの排気空燃比④も検出する。検出される排気空燃比④は、上流側空燃比センサ25の検出誤差を含んでいる。そこで、図11に示されるように、この検出した排気空燃比④に対して検出誤差成分③を加算することによって、誤差分を補正した補正空燃比⑤を得ることができる。なお、上述したように、検出誤差成分③は正の場合だけでなく負の場合もあるので、実際には排気空燃比④から検出誤差成分③を減算することになる場合もある。

【0084】この補正空燃比⑤は、上流側空燃比センサ25の検出誤差分を補正した真の空燃比とみなすことができる。この補正空燃比⑤に従って、空燃比フィードバック制御を行うことによって、排出ガス中の窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCの生成をより低減することができる。また、上述した排気浄化触媒19の酸素吸収作用を利用して排出ガス中の窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCの浄化を行う場合には、この補正空燃比⑤を用いることによって排気浄化触媒19の酸素吸収量を正確に算出でき、排出ガス中の窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCをより効果的に浄化することができる。

【0085】なお、空燃比予測値①と補正空燃比⑤とが一致しないこともあり得る。これは、空燃比予測値①がシリンダ3内の混合気の空燃比である一方で、補正空燃比⑤が排気浄化触媒19に流入する排気ガスの空燃比であることや、吸入空気量の検出誤差などによる。しかし、ここでは、空燃比予測値①と出力予測値②との差分として検出誤差成分③を量として求めてから適用するので、このように、空燃比予測値①と補正空燃比⑤とに差があることは問題とならない。

【0086】上述した制御において、検出誤差成分③は、時間a～b（図9参照）の範囲にわたる全体が算出された後に排気空燃比④に対して適用されても良いが、時間aから算出された分から順に排気空燃比④に対して適用しても良い。即ち、この後者の場合は、時間a～bにおいては、検出誤差成分③の算出と、算出された検出誤差成分③の排気空燃比④への適用とが並列的に処理される。

【0087】また、空燃比予測値①、出力予測値②及び検出誤差成分③はシリンダ3での燃焼に着目して予測される一方、排気空燃比④及び補正空燃比⑤は排気浄化触媒19に流入する排気ガスに関するものである。このため、空燃比予測値①と補正空燃比⑤との間に、排気ガスがシリンダ3から排気浄化触媒19に移動するまでのタイムラグが反映されることもある。

【0088】次に、図12に示すフローチャートに基づいて、上述した制御について説明する。

【0089】なお、以下の説明中、各記号の意味は次に示すとおりである。

Abyfbe : 空燃比予測値①（シリンダ3内の燃焼空燃

比）

Abyfre : 出力予測値②（①に基づくセンサ出力予測値）

Abyferr : 検出誤差成分③（センサの検出誤差予測値）

Abyf : 排気空燃比④（触媒上流側でのセンサ出力値）

Abyfr : 補正空燃比⑤（触媒上流側での補正後空燃比）

Etemp : エンジン温度（シリンダ・ポート内壁温度）

KL : 負荷率（%）

Fcr : 燃焼燃料量

Fw : 付着燃料量

P : 付着燃料の残留率

Fi : 噴射燃料量

R : 噴射燃料の付着率

Gn : 吸入空気量 (g/rev)

Ga : 吸入空気量 (g/sec)

Taf : 空燃比センサ応答時定数

【0090】まず、排気浄化触媒19の上流側の排気ガスの空燃比、即ち、排気空燃比Abyf(④)を、上流側空燃比センサ25によって検出し、ECU18内のRAMなどに一旦保存する〔ステップ10〕。次に、燃焼燃料量Fcrを算出するために、上述した燃料挙動モデルに基づいて、そのパラメータP,Rを求める〔ステップ20〕。本実施形態では、燃料挙動モデルとして上述した燃料付着と付着燃料の剥離とを考慮している。なお、燃焼燃料量を予測する際の燃料挙動モデルとしては、付着・剥離燃料以外の燃料の挙動が加味されても良い。

【0091】上述のパラメータP,Rは、付着・剥離燃料に関するもので、パラメータPは、既に付着している燃料のうちのどの程度の割合の燃料が剥離せずにそのまま付着するかを示している。即ち、パラメータPは、付着燃料の残留率であり、(1-P)が既に付着している燃料のうち剥離して燃焼に寄与する割合を示す。一方、パラメータRは、インジェクタ5によって噴射された燃料のうちのどの程度の割合の燃料がシリンダ3や吸気ポートの内壁に付着するかを示している。即ち、パラメータRは、噴射燃料の付着率であり、(1-R)がシリンダ3や吸気ポートの内壁に付着せずに燃焼に寄与する割合を示す。

【0092】これらのパラメータP,Rは、エンジン温度Etempと負荷率KLとから求められる。エンジン温度Etempは、シリンダ3や吸気ポートの内壁の温度を代表する温度として用いられている。燃料付着量や燃料剥離量は、シリンダ3や吸気ポートの内壁の温度に大きく依存するからである。エンジン温度Etempは、ここでは水温センサ17の検出結果から判断している。また、負荷率KLは、吸入空気量と最大吸入空気量との比率から判断している。ECU18は、これらのパラメータP,Rに関するマップを有しており、検出されたエンジン温度Etemp及

び負荷率KLに基づいて、マップに従ってパラメータP, Rを決定する。

【0093】次に、算出したパラメータP, Rを用いて、実際にシリンダ3内の燃焼に寄与する燃焼燃料量FcrがECU1.8によって算出される〔ステップ30〕。なお、算出時には、式 [Fcr = (1-P) · Fw + (1-R) Fi] が用いられる。ここで、付着燃料量Fwは、それ以前の燃料噴射量Fi及びパラメータR(付着率)を用いて積算しておくことによって得られる。また、ECU1.8がインジェクタ5を制御しているので、燃料噴射量FiはECU1.8自体が把握している。

【0094】次に、算出された燃焼燃料量Fcrとエアフロメータ1.3によって検出された吸入空気量とから、シリンダ3内で燃焼される混合気の空燃比予測値Abyfbe(①)がECU1.8によって算出される〔ステップ40〕。ここで用いる吸入空気量Gnは、一回の燃焼あたりの空気量である。なお、算出時には、式 [Abyfbe = Gn/Fcr] が用いられる。これによって、シリンダ3内で実際に燃焼される混合気の空燃比を、空燃比予測値Abyfbe(①)として予測したことになる。

【0095】次に、上流側空燃比センサ2.5の応答時定数TafがECU1.8によって算出される〔ステップ50〕。この応答時定数Tafは、吸入空気量から求められる。エンジン吸入空気量は、エアフロメータ1.3によって検出されるが、ここで用いる吸入空気量Gaは、単位時間(秒)あたりの量である(単位はg/sec)。ECU1.8は、応答時定数Tafに関するマップを有しており、検出された吸入空気量Gaに基づいて、マップに従って応答時定数Tafを決定する。

【0096】次に、上述した応答時定数Tafを用いて、上流側空燃比センサ2.5の出力予測値Abyfre(②)がECU1.8によって算出される〔ステップ60〕。なお、本実施形態においては、上流側空燃比センサ2.5の特性として応答遅れによる誤差特性を考慮している。このため、このような応答時定数Tafを用いることによって、空燃比予測値Abyfbe(①)を上流側空燃比センサ2.5によって検出したときの応答遅れを含む出力を予測する。算出時には、式 [Abyfre(今回値) = Abyfre(前回値) + (Abyfbe - Abyfre(今回値)) / Taf] が用いられる。

【0097】次に、上述した空燃比予測値Abyfbe(①)と出力予測値Abyfre(②)とから、上流側空燃比センサ2.5の検出誤差成分Abyferr(③)を算出する〔ステップ70〕。上述したように、本実施形態においては、上流側空燃比センサ2.5の特性として応答遅れによる検出誤差特性を考慮しているので、本実施形態における検出誤差成分Abyferr(③)は応答遅れ成分とも言える。算出時には、式 [Abyferr = Abyfbe - Abyfre] が用いられる。

【0098】次に、上流側空燃比センサ2.5によって検出した排気空燃比Abyf(④)を、検出誤差成分Abyferr(③)を用いて補正し、補正空燃比Abyfr(⑤)を算出する

〔ステップ80〕。上流側空燃比センサ2.5によって検出した排気空燃比Abyf(④)には、上述した応答遅れによる誤差が含まれており、この誤差分は検出誤差成分Abyferr(③)として求めたものとみなすことができる。そこで、検出誤差成分Abyferr(③)及び排気空燃比Abyf(④)から、式 [Abyfr = Abyf + Abyferr] を用いて補正空燃比Abyfr(⑤)を算出する。これによって、排気浄化触媒1.9に流入する排気ガスに関する誤差を含まない空燃比を、補正空燃比Abyfr(⑤)として得ることができる。

【0099】この誤差分が補正された補正空燃比Abyfr(⑤)を用いて、空燃比フィードバック制御などの空燃比に基づく制御をエンジン1に対して行うことによって、排出ガス中の窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCを抑制することができる。そして、さらに、この算出した補正空燃比Abyfr(⑤)に基づいて、排気浄化触媒1.9が吸収・放出(吸脱)する酸素量を求め、この酸素吸脱量を積算する(即ち、酸素吸脱量の履歴を用いる)ことによって、排気浄化触媒1.9が吸収している酸素吸脱量を正確に把握することができる〔ステップ90〕。これによって、酸素吸脱作用をより効率的に活用することが可能となり、排出ガス中の窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCをより効果的に浄化することができる。

【0100】上述したように、ここでは、燃焼時のより正確な空燃比を空燃比予測値Abyfbe(①)として予測し、この空燃比予測値Abyfbe(①)と上流側空燃比センサ2.5の特性(応答遅れなどの特性)とから、実際に空燃比予測値Abyfbe(①)での燃焼が行われた際に上流側空燃比センサ2.5の出力がどのようになるかを出力予測値Abyfre(②)として予測する。さらに、空燃比予測値Abyfbe(①)と出力予測値Abyfre(②)との差が検出誤差成分Abyferr(③)として得られるので、これを上流側空燃比センサ2.5の実際の出力である排気空燃比Abyf(④)に対して加算して補正空燃比Abyfr(⑤)を算出する。

【0101】これによって、排気浄化触媒1.9に流入する排気ガスの空燃比を補正空燃比Abyfr(⑤)としてより正確に得られ、より応答性の良い制御が可能となる。即ち、上流側空燃比センサ2.5の出力の変化具合に基づいて応答遅れを補正する場合と異なり、本実施形態によれば応答性に優れた制御を行うことが可能である。

【0102】また、ここでは、ECU1.8が出力予測値Abyfre(②)と排気空燃比Abyf(④)とを比較することによって、上流側空燃比センサ2.5の特性についての学習を行っている。この上流側空燃比センサ2.5の特性は、出力予測値Abyfre(②)の算出時に用いられ、予め整合性がとられていることが必要であるが、経年的に微小に変化するものもある。また、上流側空燃比センサ2.5に付着物が一時的に付着するなどして、その特性が変化する場合もあり得る。そこで、このような特性の変化に対しても整合性を維持するため、上述した学習を行う。これによって、上流側空燃比センサ2.5の特性は、正確な整

合性を常に維持でき、エンジン1を精度よく制御することができる。

【0103】さらに、ここでは、上流側空燃比センサ25の特性について学習を行った結果得られる学習値を用いて、上流側空燃比センサ25の劣化を判定している。上流側空燃比センサ25の特性に関する学習値には、予測される出力と実際の出力との関係が反映されている。上流側空燃比センサ25が劣化すれば、その劣化状態は学習値に反映されることになる。即ち、上流側空燃比センサ25の劣化状態を学習値から判断することができる。

【0104】なお、ここでは、空燃比センサ25, 26(特に上流側空燃比センサ25)の応答遅れを考慮するために、燃料挙動モデルと空燃比センサ25, 26とを利用して酸素吸蔵量を推定した。しかし、請求項1に記載の発明は、このような空燃比を実際に検出する手段を用いないで酸素吸蔵量を推定する場合も含む。この場合、燃料挙動モデルに基づいて予測される排気空燃比から酸素吸蔵量を推定することが考えられる。例えば、冷却水温や排気ガス温、吸入空気温、吸入空気量、燃料噴射量などの各種状態量のみから排気空燃比を予測し、これに基づいて酸素吸蔵量を推定することができる。

【0105】次に、請求項3及び請求項4に係る発明について説明する。

【0106】請求項3に記載の発明は、酸素吸蔵能力を利用する排気浄化触媒を通過する通過ガス流量を考慮することによって、酸素吸蔵量をより一層正確に推定するものである。請求項4に記載の発明は、内燃機関の空燃比の理論空燃比(ストイキ)からの変化幅を考慮することによって、酸素吸蔵量をより一層正確に推定するものである。

【0107】上述したように、排気浄化触媒19に流入する排気ガスがリーンであるとき、排気浄化触媒19は酸素を吸蔵して排気ガス中の窒素酸化物NOxを還元する。一方、排気浄化触媒19に流入する排気ガスがリッチであるとき、排気浄化触媒19は酸素を放出して排気ガス中の一酸化炭素CO、炭化水素HCを酸化する。これらの反応は排気ガスが排気浄化触媒19を通過する間に行われる。

【0108】ここで、排気浄化触媒19を通過する通過ガス流量が多ければ通過速度が速くなり、排気ガス中の酸素が浄化反応に充分に用いられる以前に排気ガスが排気浄化触媒19中を通過してしまう場合がある。これとは逆に、排気浄化触媒19を通過する通過ガス流量が多ければ通過速度が速くなり、排気浄化触媒19には排気ガスを浄化するための酸素がまだあるにも関わらず(排気浄化触媒19の隅に吸蔵されている酸素などは浄化反応に寄与しにくい)、未浄化の排気ガスが排気浄化触媒19を通過してしまう場合もある。以下、これら現象を「吹き抜け」と表現する。

【0109】また、排気ガスがストイキに近い状態での浄化反応速度・浄化率と、排気ガスが充分にリーンやリッチな状態での浄化反応速度・浄化率とは異なる。このため、排気空燃比によっては反応が充分に終了する以前に排気ガスが排気浄化触媒19を通過してしまったり、排気空燃比が異なれば充分に浄化され得るのに浄化しきれない場合も発生し得る。以下、この現象も「吹き抜け」と表現する。

【0110】吹き抜けが発生すると、酸素吸脱量O2ADに誤差が生じ得るので、酸素吸蔵量O2SUMが正確に推定されない。そこで、酸素吸脱量O2ADを用いて排気浄化触媒19に吸蔵されている酸素吸蔵量O2SUMを算出するに際して、排気浄化触媒19を通過する通過ガス流量Gb及び空燃比変化幅 $\Delta Abyf$ を考慮する。具体的には、酸素吸脱量O2ADを算出するに際して、排気浄化触媒19での通過ガス流量Gbを検出し、この通過ガス流量Gbに応じた補正係数KgをECU18内のマップから検索する。

【0111】ここでは、通過ガス流量Gbをエアフローメータ13によって検出される吸入空気量Gaとスロットルポジションセンサ10によって検出されるスロットルバルブ9の開度とから検出している。なお、通過ガス流量Gbを検出するための専用の流量計を排気浄化触媒19の上流側に配設してもよい。また、排気浄化触媒19に流入する排気ガスの排気空燃比Abyfを上流側空燃比センサ25によって検出し、理論空燃比Abyfstと排気空燃比Abyfとの差から空燃比変化幅 $\Delta Abyf$ (=Abyfst-Abyf)を求める。そして、この空燃比変化幅 $\Delta Abyf$ に応じた補正係数KaをECU18内のマップから検索する。

【0112】通過ガス流量Gbと補正係数Kgとの関係を示すマップを図13に示す。また、空燃比変化幅 $\Delta Abyf$ と補正係数Kaとの関係を示すマップを図14に示す。そして、次式において酸素吸脱量O2ADを補正する。

$$O2AD(\text{補正值}) \leftarrow O2AD(\text{算出値}) \times Kg \times Ka$$

この補正是、図3に示されるフローチャートのステップ100の直後に行えばよい。通過ガス流量Gbや空燃比変化幅 $\Delta Abyf$ を算出するための排気空燃比Abyfの検出は、補正する直前に各センサから取り込む。

【0113】このようにして補正した酸素吸脱量O2ADを用いることによって、より正確な酸素吸蔵量O2SUMを推定することができる。また、図13や図14に示されるように、排気浄化触媒19の温度もさらに考慮に入れて、より正確な酸素吸脱量O2ADの補正を行ってよい。このようにすれば、正確な酸素吸脱量O2ADに基づいて、酸素吸蔵量O2SUMを正確に推定することができる。さらに、酸素吸蔵量O2SUMが正確に推定されるため、これから推定される最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)もより正確になるという側面もある。

【0114】次に、請求項5及び請求項6に係る発明について説明する。

【0115】請求項5に記載の発明は、酸素吸蔵能力を

を利用する排気浄化触媒を通過する通過ガス流量を考慮することによって、最大酸素吸蔵量をより一層正確に推定するものである。請求項6に記載の発明は、内燃機関の空燃比の理論空燃比（トイキ）からの変化幅を考慮することによって、最大酸素吸蔵量をより一層正確に推定するものである。

【0116】上述した請求項3及び請求項4に記載の発明は酸素吸蔵量O2SUMの推定に関するものであったが、請求項5及び請求項6に記載の発明は最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)の推定に関するものである。上述したように、通過ガス流量が多いと流速が早くなるため、排気浄化触媒19の隅に吸蔵されている酸素などは窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCの浄化反応に寄与しにくい（放出されにくい）。また、通過ガス流量が多いと流速が早くなるため、排気浄化触媒19の隅などには排気ガス中の酸素が吸蔵されにくい。即ち、排気浄化触媒19の最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)は通過ガス量によって変化し得る。

【0117】さらに、排気ガスの排気空燃比が異なると、上述したように浄化反応速度・浄化率が変化するため、排気浄化触媒19の最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)はエンジン1の空燃比変化幅によっても変化すると言える。請求項5及び請求項6に記載の発明は、最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)を排気ガスの通過ガス量やエンジン1の空燃比変化幅に応じて補正・推定することによって、より正確な最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)を得ようとするものである。

【0118】請求項3及び請求項4に記載の発明は酸素吸蔵量O2SUMを精度よく推定する結果として最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)の推定精度が向上すると言う側面を有している。これに対して、請求項5及び請求項6に記載の発明は、排気ガスの通過ガス量や内燃機関の空燃比変化幅に応じて最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)を直接補正することによって推定精度を向上させるものである。両者は同時にを行うことができ、同時にすることによってより一層推定精度を向上させることも可能である。

【0119】ここでは、最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)を補正するに際して、酸素吸蔵量O2SUMの上限値O2SUMmax・下限値O2SUMminの一方又は双方を補正することによって行う。そして、その補正是上述した請求項3及び請求項4に記載の発明と同じように補正係数を用いて行う。そして、これらの補正係数は上限値O2SUMmaxの補正用と下限値O2SUMminの補正用とが別々に用意されており、ECU18内に格納されている。補正係数を上限値O2SUMmax補正用と下限値O2SUMmin補正用とを別々に用意するのは、酸素吸蔵側の吹き抜け現象と酸素放出側の吹き抜け現象とで補正の効果を変えて（例えば、反応速度は酸素吸蔵側の方が速い）、より精度の高い補正を行うためである。

【0120】通過ガス流量Gbと上限値O2SUMmax補正用の補正係数Kg(max)との関係を示すマップを図15(a)に示し、通過ガス流量Gbと下限値O2SUMmin補正用の補正係数Kg(min)との関係を示すマップを図15(b)に示す。また、空燃比変化幅△Abyfと上限値O2SUMmax補正用の補正係数Ka(max)との関係を示すマップを図16(a)に示し、下限値O2SUMmin補正用の補正係数Ka(min)との関係を示すマップを図16(b)に示す。そして、次式において上限値O2SUMmax・下限値O2SUMminの一方又は双方を補正する。

$$O2SUMmax(\text{補正值}) \leftarrow O2SUMmax(\text{算出値}) \times Kg(\text{max}) \times Ka(\text{max})$$

$$O2SUMmin(\text{補正值}) \leftarrow O2SUMmin(\text{算出値}) \times Kg(\text{min}) \times Ka(\text{min})$$

この補正は、図4に示されるフローチャートのステップ210やステップ230の直後に行えばよい。通過ガス流量Gbや空燃比変化幅△Abyfを算出するための排気空燃比Abyfの検出は、補正する直前に各センサから取り込む。このようにして補正した上限値O2SUMmax・下限値O2SUMminを用いることによって、より正確な最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)を推定することができる。

【0121】次に、請求項7～請求項9に記載の発明について説明する。

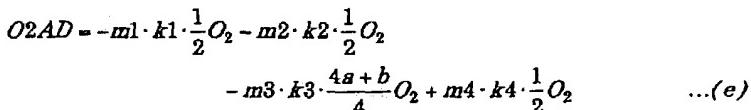
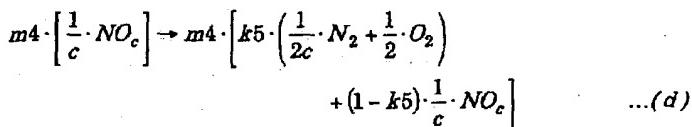
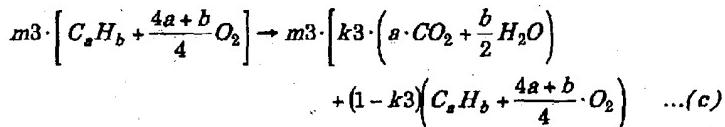
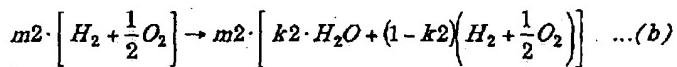
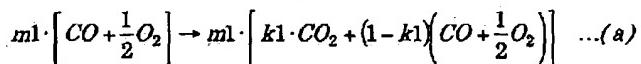
【0122】請求項7に記載の発明は、内燃機関の燃焼モデルから排気ガス組成を予測し、予測した排気ガス組成に基づいて酸素吸蔵量O2SUMを推定するものである。上述した例は、上流側空燃比センサ25の出力に基づいて酸素吸蔵量O2SUMを推定したが、ここでは、排気空燃比を実際に検出することなく酸素吸蔵量O2SUMを推定しようとするものである。このように、排気空燃比によらずに燃焼モデルに基づいて酸素吸蔵量O2SUMを推定することによって、空燃比センサ25、26の感受性特性差や燃料性状差などによって酸素吸蔵量O2SUMの推定に生じる誤差の影響を回避することができる。

【0123】ただし、燃焼モデルや排気空燃比を検出せずに推定した酸素吸蔵量O2SUMを、上流側空燃比センサ25や下流側空燃比センサ26の出力を用いて補正することによって、酸素吸蔵量O2SUMをより精度よく推定することも可能である。また、排気浄化触媒19の上流側に排気ガス中の炭化水素(HC)を検出するHCセンサや窒素酸化物(NOx)を検出するNOxセンサを配設し、これらの出力を用いて、燃焼モデルや排気空燃比を検出せずに推定した酸素吸蔵量O2SUMを補正してもよい。

【0124】燃焼モデルに基づいて排気浄化触媒19に流入する排気ガスの組成を予測し、これから酸素吸蔵量O2SUMを予測する手法を以下に述べる。まず、各種センサやECU18が発信する制御信号などから、燃焼モデルのパラメータを取り込む。これらのパラメータとしては、具体的には、吸入空気量Ga、燃焼燃料量、点火時期、排気空燃比、EGR量、吸気乱れ強さ、燃焼室温度、

燃料性状などがある。燃焼燃料量は、ここでは、上述した燃料挙動モデルなどによってシリンダ3内で実際に燃焼に寄与する燃料量を用いている。また、排気空燃比は空燃比センサ25, 26などによって検出した実際の排気空燃比を用いてもよいし、燃料挙動モデルから推定したものでも良い。さらに、吸気乱れ強さは、シリンダ3のスワールをコントロールするスワールコントロールバルブが配設されているような場合に、スワールコントロールバルブの制御量などで代用することができる。

【0125】これらのパラメータから排気ガス組成を推定し、排気ガス中での酸化還元反応に寄与する（触媒の酸素吸収量O2SUMに影響を与える）物質の量を推定す



【0127】これらの反応係数k1～k4は、通過ガス流量Gbや排気ガス温度、エンジン1の運転条件や排気浄化触媒19の状態などによって可変的に設定される。(a)式～(c)式は、一酸化炭素・水素・炭化水素を排気浄化触媒19に吸収されている酸素を用いて酸化する反応である。(d)式は、炭化水素が還元される反応であり、還元されることによって発生した酸素は排気浄化触媒19に吸収される。即ち、上述した酸素吸脱量O2ADは、(e)式に示されるように求めることができる。

【0128】燃焼モデルに基づいて排気ガス組成を求めるので、様々な運転条件に対応して排気浄化触媒19の酸素吸収量O2SUMを正確に推定することが可能となる。上述した酸素吸脱量O2ADの推定は、図3に示されるステップ100に代えて行えばよい。この酸素吸脱量O2ADに基づいて、酸素吸収量O2SUMや最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)を推定する。上述したように、燃焼モデルを用いれば空燃比センサ（特に、上流側空燃比センサ25）を配設しないでも、排気ガス組成や排気空燃比を得

る。即ち、排気浄化触媒19においては、下記式(a)～式(d)までの反応が行われて排気ガス中の物質が酸化還元されるが、排気ガス組成から酸化還元反応に寄与する物質の量（モル数m1～m4）が推定される。また、(a)式においては、左辺の全ての物質が反応するわけではなく、様々な条件によってその一部のみが反応する。このときの反応率が反応係数k1として反映されている。同様に、(b)式では反応係数k2、(c)式では反応係数k3、(d)式では反応係数k4として反映されている。

【0126】

【数1】

ることが可能である。しかし、燃焼モデルが誤差を含む場合も考えられるので、燃料性状やエンジン1の運転状態に応じて燃焼モデルを修正することが好ましい。また、燃焼モデルの予測に上述した燃料挙動モデルを用いても良いことは言うまでもない。

【0129】次に、請求項10及び請求項11に記載の発明について説明する。

【0130】上述した請求項7～請求項9に記載の発明についての説明時に、燃焼モデルから予測した排気ガス組成に基づいて酸素吸収量O2SUMを推定する場合に、空燃比センサの出力によって燃焼モデルを補正することについて説明した。一方、請求項10及び請求項11に記載の発明は、排気ガス組成に基づいて空燃比センサ（特に下流側空燃比センサ26）の出力を補正するものである。そして、排気ガス組成を予測には燃焼モデルが用いられる。

【0131】空燃比センサ25, 26は、排気ガスに含まれる酸素濃度を検出するが、その構造上、酸素以外の

成分にも反応し得る。このため、排気ガス組成によっては、酸素濃度（空燃比）の検出精度が良好でない場合も発生し得る。そこで、より正確な酸素吸収量O2SUMを予測するために、排気ガス組成から空燃比センサ25, 26の出力を補正する。なお、上述した燃焼モデルから排気ガス組成を得る方法以外の排気ガス組成取得方法としては、窒素酸化物（NOx）センサや炭化水素（HC）センサの出力を基に排気ガス組成を得る方法などがある。

【0132】例えば、排気空燃比をオン-オフ的に検出する空燃比センサの理想的な出力は、排気空燃比がストイキを境にリーンであるかリッチであるかによって、その出力信号を急変させるものである。しかし、図17に示されるように、排気ガス中の窒素酸化物（NOx）や水素（H<sub>2</sub>）が多いと、その出力が理想的な状態からシフトしてしまう空燃比センサも存在する。このため、排気ガス組成を予測又は検出し、これに基づいて空燃比センサの出力を補正する。燃焼モデルについては既に説明したので、ここで詳しい説明を省略する。空燃比センサ25, 26の出力を取り込むと並行して排気ガス組成も予測又は検出し、空燃比センサ25, 26による排気空燃比の検出直後に補正を行えばよい。また、燃焼モデルの予測に上述した燃料挙動モデルを用いても良いことは言うまでもない。

【0133】次に、請求項12～請求項14について説明する。

【0134】請求項12に記載の発明は、下流側空燃比センサ26の出力と算出された酸素吸収量O2SUMとを比較して、推定された酸素吸収量O2SUMが異常であるか否か（酸素吸収量O2SUMの推定モデルが異常であるか否か）を判定するものである。ここでは、ECU18は判定を行う異常判定手段としても機能する。また、ここでは、酸素吸収量O2SUMが異常であると判定された場合は、酸素吸収量O2SUMを修正する。さらに、ここでは、酸素吸収量O2SUMが異常であると判定されたときは推定モデルに異常があるとして、推定モデルの修正も行う。

【0135】図18に示されるグラフに、上述した異常判定に用いるマップを示す。図18に示されるマップは、横軸に算出された酸素吸収量O2SUM、縦軸に下流側空燃比センサ26の出力がとされている。マップ上の酸素吸収量O2SUMに関しては、左方がその最小値側（酸素をほとんど放出している側：排気空燃比をリッチである側）であり、右方が最大値側（酸素をほぼ一杯にまで吸収している側：排気空燃比がリーンである側）となっている。これに対して、マップ上の下流側空燃比センサ26の出力は、下方がリーン側、上方がリッチ側となっている。

【0136】マップは、複数の領域に分けられている。まず、下流側空燃比センサ26の出力がストイキ近傍にある場合（図18に示されるマップ中の範囲Yにある場合）について説明する。この範囲は、下流側空燃比セン

サ26の出力は、その出力特性上、大きく変化する範囲である。即ち、この範囲では下流側空燃比センサ26の出力は誤差が大きくなる場合もあるため、算出されている酸素吸収量O2SUMに基づいて空燃比制御が行われる。

【0137】範囲Y内における領域L1～L4の領域は、算出されている酸素吸収量O2SUMが、排気浄化触媒19の下流側排気空燃比がリッチであると示している。この場合は、排気浄化触媒19に酸素を吸収させるべく、排気浄化触媒19下流の排気空燃比がリーン寄りとなるような制御（リーン制御）を行う。ただし、領域L1よりも領域L4の方が排気浄化触媒19下流側の排気空燃比がリッチであるので、領域L4にある場合は領域L1にある場合よりも、より強いリーン制御を行う。即ち、領域L1から領域L4に向けて、より強いリーン制御を行うべく領域分けされている。

【0138】範囲Y内における領域R1～R4の領域は、算出されている酸素吸収量O2SUMが、排気浄化触媒19の下流側排気空燃比がリーンであると示している。この場合は、排気浄化触媒19に吸収されている酸素を放出させるべく、排気浄化触媒19下流の排気空燃比がリッチ寄りとなるような制御（リッチ制御）を行う。ただし、領域R1よりも領域R4の方が排気浄化触媒19下流側の排気空燃比がリーンであるので、領域R4にある場合は領域R1にある場合よりも、より強いリッチ制御を行う。即ち、領域R1から領域R4に向けて、より強いリッチ制御を行うべく領域分けされている。

【0139】なお、算出されている酸素吸収量O2SUMも下流側空燃比センサ26の出力も、排気浄化触媒19の下流側の排気空燃比がストイキ近傍であると示されている領域S1の場合は、リーン制御及びリッチ制御も行われず、排気浄化触媒19の酸素吸収量O2SUMを維持するような空燃比制御が行われる。

【0140】次に、上述した範囲Y外の領域L1～L4について説明する。これらの領域においては、算出されている酸素吸収量O2SUMは排気浄化触媒19の下流側の排気空燃比がストイキからリッチであると示し、下流側空燃比センサ26の出力はリッチであると示している。このときは、下流側空燃比センサ26の出力がやや尊重され、上述した領域L1～領域L4（リーン制御領域）が設定されている。

【0141】同様に、上述した範囲Y外の領域R1～R4について説明する。これらの領域においては、算出されている酸素吸収量O2SUMは排気浄化触媒19の下流側の排気空燃比がストイキからリーンであると示し、下流側空燃比センサ26の出力はリーンであると示している。このときは、下流側空燃比センサ26の出力がやや尊重され、上述した領域R1～領域R4（リッチ制御領域）が設定されている。

【0142】最後に、領域X1及び領域X2に示される場合について説明する。領域X1においては、算出されている

酸素吸収量O2SUMは排気浄化触媒19の下流側排気空燃比がリーンであると示しているにもかかわらず、下流側空燃比センサ26の出力はリッチであると示している。領域X2においては、算出されている酸素吸収量O2SUMは排気浄化触媒19の下流側排気空燃比がリッチであると示しているにもかかわらず、下流側空燃比センサ26の出力はリーンであると示している。

【0143】即ち、領域X1及び領域X2においては、算出されている酸素吸収量O2SUMと下流側空燃比センサ26の出力とが合致していない。このような場合は、酸素吸収量O2SUMが異常であると判定される。この場合は、実際に排気空燃比を検出している下流側空燃比センサ26の出力を尊重し、何らかの理由によって酸素吸収量O2SUMが正確な値を示していないと考えることができる。そこで、それまでの酸素吸収量O2SUMの推定履歴を一旦抹消し、新規に酸素吸収量O2SUMの推定を開始する。あるいは、既にある酸素吸収量O2SUMの履歴を修正してもよい。

【0144】さらに、酸素吸収量O2SUMの新規再開又は修正と同時に、酸素吸収量O2SUMの推定モデルを修正する。推定モデルを修正する場合、例えば、上述したように酸素吸収量O2SUMの推定の過程で、空燃比変化幅 $\Delta Aby_f$ を用いている場合には、この空燃比変化幅 $\Delta Aby_f$ を算出する際の基準となる理論空燃比 $Abyfst$ の値を修正すればよい。

【0145】次に、請求項15に記載の発明について説明する。

【0146】上述したように、ここでは排気浄化触媒19の酸素吸収量O2SUMを制御し、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)を利用して排気ガスの浄化率を向上させているが、推定した最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が異常であれば、排気ガスを浄化することは困難となる。また、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)を利用して排気浄化触媒19の劣化検出も行うので、推定した最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が異常であれば、劣化検出を正確に行えない場合も考えられる。請求項15に記載の発明は、推定された最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が所定値を超える場合には、推定された最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が異常であると判定するものである。

【0147】なお、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が異常であるとは、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)を正確に推定できない状態にあることを言う。最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が異常である原因としては、その推定の基礎となる酸素吸収量O2SUMの推定モデルが異常である場合や、酸素吸収量O2SUMの推定に用いる各種情報量を検出するセンサが故障している場合などがある。また、上述した所定値は、以下に説明するように、他の情報量との関係で設定されてもよい。

【0148】図19に、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SU

Mmin)が異常である否か（システムが異常であるか否か）を判定する際に用いるマップを示す。このマップは、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)と排気浄化触媒19の温度とからなる二次元マップである。そして、マップ中に実線で示されているのが、排気浄化触媒19が劣化していない状態での各触媒温度での最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)の取り得る最大の値である。即ち、この値以上の値は取り得ることがあり得ないため、この実線の上方の斜線で示されている範囲が、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が異常であると判定される領域である。

【0149】なお、マップ下方に示されている触媒劣化については、図6において説明したとおりであり、ここで説明は省略する。最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が異常であるか否かの判定は、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)の更新時（上限値O2SUMmax又は下限値O2SUMminの更新時）などに行えばよい。

【0150】次に、請求項16に記載の発明について説明する。

【0151】請求項16に記載の発明は、下流側空燃比センサ26の出力変化の変化勾配に基づいて、触媒の劣化度合いを検出するものである。

【0152】図20(a)に下流側空燃比センサ26の出力を示す。また、図20(b)に上流側空燃比センサ25の出力結果から得られる排気浄化触媒19上流側の排気空燃比を示す。なお、図20(a)と図20(b)とは、リーン-リッチ方向が逆であるので注意されたい。また、図20(a)及び図20(b)に示されるグラフの横軸は時間であるが、この両者は時間的に対応している。

【0153】図20(a)に示されるように、下流側空燃比センサ26の出力がリーンである間は、排気浄化触媒19が酸素を一杯まで吸収しているので排気浄化触媒19下流に酸素が流れていると考えられる。このため、この間は排気浄化触媒19への入ガスの排気空燃比がリッチにされ、排気浄化触媒19に吸収されている排気浄化触媒19によって排気ガスの浄化が行われるようにされている。

【0154】しばらくすると、排気浄化触媒19に吸収されていた酸素が使い果たされるので、下流側空燃比センサ26の出力はリーンからリッチに変化する。排気浄化触媒19に吸収されていた酸素が尽きてしまったため、入ガス中の未燃燃料が酸化されずに排気浄化触媒19下流に流れていると考えられる。このようになると、排気浄化触媒19に酸素を吸収させるべく、排気浄化触媒19への入ガスの排気空燃比がリーンにされる。

【0155】この後、排気浄化触媒19が酸素を吸収しているので、排気浄化触媒19からの出ガスに酸素は含まれないので下流側空燃比センサ26の出力はリッチになる。しかし、このとき、排気浄化触媒19が酸素を吸収するにしたがって、吸収しきれずに下流側に流れ出す

酸素は徐々に増加する。この結果、図20(a)に示されるように、下流側空燃比センサ26の出力は徐々にリーン側に移動する。即ち、下流側空燃比センサ26の出力に変化勾配が発生する。

【0156】さらにこの後、排気浄化触媒19が一杯まで酸素を吸収した時点で、下流側空燃比センサ26は再びリッチに変化し、これに伴い、排気浄化触媒19への入ガスの排気空燃比が再度リッチにされる。ここでは、上述した変化勾配を用いて排気浄化触媒19の劣化度合いを検出する。上述した説明からも分かるように、この変化勾配には排気浄化触媒19の酸素吸収能力が反映される。排気浄化触媒19が劣化すれば酸素吸収能力が低下するため、これが変化勾配に反映されるので、変化勾配から排気浄化触媒19の劣化度合いを検出し得る。

【0157】上述した下流側空燃比センサ26の出力の変化勾配は、排気浄化触媒19が酸素を吸収していない状態から吸収を開始させた際に最も顕著にかつ安定して現れる。そこで、ここでは、下流側空燃比センサ26の出力がリーンからリッチに変化した直後からリッチからリーンに変化する直前までの変化勾配を用いて排気浄化触媒19の劣化度合いを判定している。

【0158】まず、下流側空燃比センサ26の出力がリーンからリッチに変化した直後（時間T<sub>1</sub>）に、下流側空燃比センサ26の出力（電圧V<sub>1</sub>）を検出する。さらに、下流側空燃比センサ26の出力がリッチからリーンに変化した直後（時間T<sub>2</sub>）に、下流側空燃比センサ26の出力（電圧V<sub>2</sub>）を検出する。これらの検出結果はECU18に送出され、その差分△V=（V<sub>1</sub>-V<sub>2</sub>）が算出される。この差分△VとECU18内に格納されている図21に示される劣化度合い検出用のマップから、排気浄化触媒19の劣化度合いを求める。即ち、ここでは、ECU18は劣化検出手段としても機能している。

【0159】このようにすることによって、特殊な制御やデバイスを必要とせずに、通常の空燃比制御中に排気浄化触媒19の劣化度合いを検出することができる。また、他の触媒劣化判定と併用することによって、排気浄化触媒19の劣化検出精度を向上させることも可能である。検出された排気浄化触媒19の劣化度合いを空燃比制御にフィードバックすれば、排気ガスの浄化性能をより一層向上させることも可能である。

【0160】次に、請求項17に記載の発明について説明する。

【0161】上述したように、エンジン1の運転状態によっては（例えば、吸入空気量Gaが多いときなど）、排気浄化触媒19の酸素吸収能力を最大限利用できずに、吹き抜け現象が生じ得る。請求項17に記載の発明は、吹き抜け現象が発生した際には、推定している酸素吸収量が誤差を含んでいるとして酸素吸収量を吹抜発生酸素吸収量に基づいて修正するものである。

【0162】吹抜発生酸素吸収量は、排気浄化触媒の酸

素吸収能力を最大限利用していない吹き抜け現象が発生すると予測される酸素吸収量として予め設定されるものである。吹抜発生酸素吸収量は、エンジン1の運転状態を考慮して事前に実験などを行うことによって設定される。吹抜発生酸素吸収量は、マップとして設定されてもよいし、基準値とこの基準値に基づいて算出する際に使用する計算式とによって設定されてもよい。

【0163】以下には、吹抜発生酸素吸収量がマップとして設定されている場合を例にして説明する。また、このマップは、エンジン1の運転状態として吸入空気量Gaのみを考慮している場合を例にする。ただし、エンジン1の運転状態としては、吸入空気量Ga以外の様々な情報量（触媒温度、触媒劣化度合い、通過ガス流量など）が考慮されても良いことは言うまでもない。

【0164】吹抜発生酸素吸収量を規定するマップの例を図22に示す。このマップは、ECU18内に格納されている。吸入空気量Gaが多くなると排気浄化触媒19を通過する排気ガスの流速が速くなり、排気ガスの浄化反応が充分に終了する以前に排気ガスが排気浄化触媒19下流に流出する。このため、図22に示されるように、吸入空気量Gaが多くなると吹き抜け領域が広くなる。

【0165】その吹き抜け領域には、排気浄化触媒19がまだ酸素を吸収する余力があるのに排気浄化触媒19下流側に酸素を流出させてしまうリーン側吹き抜け領域と、排気浄化触媒19がまだ酸素を放出する余力があるのに排気ガス中の未燃燃料を充分に酸化させることができず排気浄化触媒19下流側に未燃燃料を流出させてしまうリッチ側吹き抜け領域がある。そして、リーン側吹き抜け領域下限境界がリーン側の吹き抜け発生酸素吸収量であり、リッチ側吹き抜け領域上限境界がリッチ側の吹き抜け発生酸素吸収量である。

【0166】例えば、ある時点で下流側空燃比センサ26の出力によって排気浄化触媒19下流側の排気空燃比がリーンになったと検出した場合について考える。このときの吸入空気量Ga（Q<sub>1</sub>）が検出されてECU18に送出される。ECU18においては、この吸入空気量Ga（Q<sub>1</sub>）に対応する吹抜発生酸素吸収量（この場合は、リーン側の吹抜発生酸素吸収量）P<sub>2</sub>が求められる。このとき、算出されていた酸素吸収量O2SUMに相当するマップ上の位置はP<sub>1</sub>であった。この場合は、算出されていた酸素吸収量O2SUMをマップから求められたP<sub>2</sub>に相当する値に修正する。

【0167】また、ここでは、算出されていた酸素吸収量O2SUMを推定するだけでなく、酸素吸収量O2SUM推定モデルも修正している。具体的には、上述したように酸素吸収量O2SUMの推定の過程で、空燃比変化幅△Abyfを用いているような場合には、この空燃比変化幅△Abyfを算出する際の基準となる理論空燃比Abyfstの値を修正すればよい。

【0168】なお、図2に基づく説明における制御では、下流側空燃比センサ26の出力がリッチ又はリーンを出力した際（吹き抜け現象によらない場合も含まれている）には、酸素吸蔵量O2SUMの更新を停止するだけであったが、ここで説明したように、吹き抜け現象を考慮して酸素吸蔵量O2SUMを修正する制御を併用して酸素吸蔵量O2SUMの推定精度を向上させることも可能である。

【0169】次に、請求項18に記載の発明について説明する。

【0170】最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)を推定するには、酸素吸蔵量O2SUMの上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminの検出が必要になる。請求項18に記載の発明は、より早期に最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)を得るために、酸素吸蔵量目標値O2SUMrefに固定強制振動を与えて上限値O2SUMmax及び最小値O2SUMminの検出を早期に行わせるものである。このとき、酸素吸蔵量目標値O2SUMrefに与えられる固定強制振動の振幅を微小にしておけば、酸素吸蔵量O2SUMの制御系が荒れてしまうことを防止できる。

【0171】ここでは、酸素吸蔵量目標値O2SUMrefに微小振幅の固定強制振動を与えることによって、酸素吸蔵量O2SUMを変動させる。酸素吸蔵量O2SUMを変動させることによって、排気浄化触媒19への入ガスの排気空燃比が弱リーン又は弱リッチとなるように制御される。排気浄化触媒19への入ガスの排気空燃比が弱リーンとされた状態が維持されることによって、排気浄化触媒19は酸素を吸蔵し続けて酸素吸蔵量O2SUMの上限値O2SUMmaxが検出される。上限値O2SUMmaxが検出されると、今度は、排気浄化触媒19への入ガスの排気空燃比が弱リッチとされた状態が維持され、排気浄化触媒19は酸素を放出し続けて酸素吸蔵量O2SUMの下限値O2SUMminが検出される。

【0172】このように、酸素吸蔵量目標値O2SUMrefに固定強制振動を与えることによって、最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)の推定を早期化することができる。この際振動の振幅を微小にしておけば、エンジン1の空燃比を大きく変動させることにはならないため、吹き抜け現象を誘発して排気ガスの浄化が不十分となってしまうようなことがない。また、万が一、排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力を超える外乱が生じたとしても、排気浄化触媒19への入ガスはストイキに近い位置で制御されているので、排気ガスの浄化不良は最小限に抑えることができる。なお、ここでは、ECU18が、酸素吸蔵量目標値O2SUMrefを設定する吸蔵量目標値設定手段として機能している。

【0173】次に、請求項19及び請求項20に記載の発明について説明する。

【0174】請求項18は、酸素吸蔵量目標値O2SUMrefに振動を与えるものであり、その結果として、エンジン1の制御空燃比が変動することはあった。請求項19に

記載の発明は、エンジン1の制御空燃比に振動を与えるものであり、制御空燃比の振幅が徐々に大きくなるように、その目標値が設定される。請求項20に記載の発明も、エンジン1の制御空燃比に振動を与えるものであり、制御空燃比の周期が徐々に長くなるように、その目標値が設定されるものである。

【0175】制御空燃比を振動させることによって、排気ガスの排気空燃比がリーン側のときに酸素吸蔵量O2SUMの上限値O2SUMmaxを検出し、リッチ側のときに下限値O2SUMminを検出するのを促進できる。この結果、より早期に最大酸素吸蔵量(O2SUMmax-O2SUMmin)を推定することができる。このとき、制御空燃比を振動させる際に、その振幅が徐々に大きくなるように振動させると、制御空燃比の振動による排気エミッションの悪化やドライバビリティの悪化を最小限に抑えることができる。

【0176】制御空燃比の振幅を徐々に大きくするよう制御すると、振幅の小さいうちに排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力の範囲内のみで吸蔵量が増減し、上限値O2SUMmaxや下限値O2SUMminを検出できない場合もあるが、排気エミッションの悪化やドライバビリティの悪化を発生させることはない。そして、徐々に振幅を大きくしていくと、どこかで排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力を僅かに超えたところで上限値O2SUMmax・下限値O2SUMminが検出される。排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力を大きく超えることができないので、この場合も、排気エミッションの悪化やドライバビリティの悪化は発生しない。

【0177】同様に、制御空燃比を振動させる際に、その周期が徐々に長くなるように振動させると、制御空燃比の振動による排気エミッションの悪化やドライバビリティの悪化を最小限に抑えることができる。制御空燃比の周期を徐々に長くするよう制御すると、周期が短いうちには排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力の範囲内のみで吸蔵量が増減し、上限値O2SUMmaxや下限値O2SUMminを検出できない場合もあるが、排気エミッションの悪化やドライバビリティの悪化を発生させることはない。そして、徐々に周期を大きくしていくと、どこかで排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力を僅かに超えたところで上限値O2SUMmax・下限値O2SUMminが検出される。排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力を大きく超えることができないので、この場合も、排気エミッションの悪化やドライバビリティの悪化は発生しない。

【0178】次に、請求項21に記載の発明について説明する。

【0179】図2に基づく説明においては、酸素吸蔵量O2SUMの目標値（酸素吸蔵量目標値O2SUMref）は、ある時点でただ一つだけ設定されている。そして、酸素吸蔵量O2SUMは、この単一の酸素吸蔵量目標値O2SUMrefに収束するように制御された。請求項21に記載の発明においては、酸素吸蔵量O2SUMの目標値が同時に複数個設定され、この複数の目標値が切り替えられつつ制御が実行

されるものである。

【0180】また、上述してきた制御においては、酸素吸収量目標値02SUMrefを最大酸素吸収量(02SUMmax-02SUMmin)の中央附近に設定することで、酸素吸収能力を超えないような余裕分を酸素吸収側・放出側の双方に取っている。しかし、酸素吸収量02SUMの制御が向上すれば、この酸素吸収能力の余裕分は使われずに無駄に保持されているものにもなり得る。また、発明者らは、排気浄化触媒19の酸素吸収能力に関して、酸素吸収量02SUMを一定値に維持し続けるよりも、多少変動させて排気ガスの浄化反応を強制的に行わせた方が浄化率が向上する場合があることを知見した。

【0181】そこで、ここでは、酸素吸収量02SUMの目標値を、その上限値02SUMmaxと下限値02SUMminの間に複数個設定し、これを周期的に切り替えることによって、排気浄化触媒19の酸素吸収能力をより一層有効に利用する。以下の説明では、酸素吸収量02SUMの目標値が二つ設定される場合について説明する。なお、ここで設定される目標値は、エンジン1の運転状態によって変わり得るものである。

【0182】図23に、上述した制御を行った際の、酸素吸収量02SUM・制御目標値02SUMref1, 02SUMref2と時間との関係を示す。ここでは、一対の制御目標値02SUMref1, 02SUMref2が、エンジン1の運転状態に応じて設定されている。制御目標値02SUMref1, 02SUMref2は、時間tにおいてエンジン1の運転状態（エンジン1本体のみならず、吸排気系の状態も含む）が変化したため、その値が変更されている。ここでは、一対の制御目標値02SUMref1, 02SUMref2が同時に変更されているが、それぞれ別々に変更されるようであってもよい。

【0183】ここでは、制御目標値02SUMref1は酸素吸収量02SUMの多い側に設定され、制御目標値02SUMref2は、酸素吸収量02SUMの少ない側に設定されている。例えば、エンジン1がある運転状態においては、制御目標値02SUMref1を最大酸素吸収量(02SUMmax-02SUMmin)の80%程度に設定し、制御目標値02SUMref2を最大酸素吸収量(02SUMmax-02SUMmin)の20%程度に設定する。そして、別の運転状態時には、制御目標値02SUMref1を最大酸素吸収量(02SUMmax-02SUMmin)の60%程度に設定し、制御目標値02SUMref2を最大酸素吸収量(02SUMmax-02SUMmin)の40%程度に設定するなどすればよい。

【0184】なお、図23に示されるグラフにおいては、酸素吸収量02SUMの上限値02SUMmaxと下限値02SUMminとが更新されていないので最大酸素吸収量(02SUMmax-02SUMmin)に変化はないが、制御目標値02SUMref1, 02SUMref2を最大酸素吸収量(02SUMmax-02SUMmin)との関係で設定する場合、上限値02SUMmax又は下限値02SUMminが更新されれば、制御目標値02SUMref1, 02SUMref2が更新される場合もあり得る。

【0185】そして、酸素吸収量02SUMの実際の目標値

として、制御目標値02SUMref1, 02SUMref2が交互に切り替えられている。例えば、時間T<sub>1</sub>～T<sub>2</sub>においては、酸素吸収量02SUMの実際の目標値として制御目標値02SUMref2が設定されており、酸素吸収量02SUMは制御目標値02SUMref2に収束するように制御されている。一方、時間T<sub>2</sub>～T<sub>3</sub>においては、酸素吸収量02SUMの実際の目標値として制御目標値02SUMref1が設定されており、酸素吸収量02SUMは制御目標値02SUMref1に収束するように制御されている。

【0186】なお、制御目標値02SUMref1, 02SUMref2の設定方法は、上述したものに限定されるわけではない。例えば、制御目標値02SUMref1, 02SUMref2を、上述した酸素吸収目標値02SUMrefとの差で決定してもよい。さらに、制御目標値02SUMref1, 02SUMref2の切り換えは必ずしも交互ではなくてもよく、エンジン1の運転状態などによって選択して切り替えるようにしてもよい。またさらに、制御目標値は三つ以上設定されてもよい。

【0187】次に、請求項22～請求項24に記載の発明について説明する。

【0188】請求項22～請求項24に記載の発明は、酸素吸収能力を十分に活用するための制御空燃比の設定に関するものである。請求項22に記載の発明は、冷間始動直後又は低負荷運転時に、制御空燃比の目標値をリーン領域内に設定するものである。冷間始動直後又は低負荷運転時には、エンジン1の燃焼が完全に行われずに排気ガス中に未燃燃料が残り、排気空燃比がリッチ寄りになる傾向がある。このため、排気浄化触媒19に吸収された酸素が放出されやすくなるので、酸素吸収量02SUMが不足することが懸念される。このため、冷間始動直後又は低負荷運転時には制御空燃比の目標値をリーン領域内に設定して排気空燃比を前もってリーン寄りとすることで、酸素吸収量02SUMが少なくなってしまうことを防止する。

【0189】請求項23に記載の発明は、高負荷運転時に、制御空燃比の目標値をリッチ領域内に設定するものである。高負荷運転時には、エンジン1の燃焼温度が高温になるので排気ガス中に窒素酸化物(NOx)が多く含まれる傾向がある。このため、排気浄化触媒19においては、窒素酸化物(NOx)の還元後に生じる酸素を吸収するので、酸素吸収量02SUMが過多となりやすい。このようになると、リーンな排気空燃比の排気ガスが来たときに十分に浄化することができなくなることが懸念される。そこで、高負荷運転時には制御空燃比の目標値をリッチ領域内に設定して排気空燃比を前もってリッチ寄りとすることで、酸素吸収量02SUMが過多となってしまうことを防止する。

【0190】似たような状況としては燃料増量が行われる場合がある。燃料増量が行われると、排気浄化触媒19に流入する排気ガスの排気空燃比はリッチになり、排気浄化触媒19の酸素吸収量02SUMは減少する。このた

め、燃料増量前に制御空燃比の目標値をリーン領域に競ってする運転期間を設けておけば、燃料増量時に酸素吸収量O2SUMが不足することを防止できる。

【0191】請求項24に記載の発明は、燃料カット実行前又はエンジン1の停止前に、制御空燃比の目標値をリッチ領域内に設定する運転期間を設定するものである。燃料カット実行時やエンジン1の停止時(あるいは停止後の再始動時)には、排気浄化触媒19に燃料を含まない単なる空気が流入することになるので、酸素吸収量O2SUMが過多となりやすい。このようになると、その後にリーンな排気空燃比の排気ガスが来たときに十分に浄化することができなくなることが懸念される。そこで、燃料カット実行前やエンジン1の停止前に制御空燃比の目標値をリッチ領域内に設定する運転期間を設けることによって、排気浄化触媒19の酸素吸収量O2SUMを減少させておき、燃料カットが実行されたりエンジン1が停止されたときに酸素を吸収することに備える。

【0192】なお、エンジン停止前にこのような運転期間を設ける場合、例えば、イグニッションオフと同時にエンジンを停止させずに、一定時間エンジン1を上述した状態で運転する期間を設ければよい。この期間は、エンジン1の回転で数回転から重数回転程度でよいので、運転者に違和感を与えることも少ない。また、上述した制御空燃比の目標値を変動させてエンジン1の空燃比を制御する際に、状況によってはリッチスパイクやリーンスパイクによって空燃比を変動させることが有用な場合もある(例えば、燃料増量を行う直前など)。その際には、排気浄化触媒19が単位時間に吸収・放出し得る酸素量を超えるようにスパイクを入れればよい。

【0193】なお、請求項22～請求項24に記載の発明に関して、制御空燃比の目標値を変更する手法の一つとして、酸素吸収量目標値O2SUMrefを変化させる方法がある。現在の酸素吸収量O2SUMを増加させるために酸素吸収量目標値O2SUMrefを吸収側に設定することによって、前記空燃比目標値設定手段は制御空燃比の目標値をリーン側(排気ガス中の酸素を吸収することによって排気ガスを浄化する側)に設定することになる。これでは反対に、現在の酸素吸収量O2SUMを減少させるために酸素吸収量目標値O2SUMrefを放出側に設定することによって、前記空燃比目標値設定手段は制御空燃比の目標値をリッチ側(吸収されている酸素を放出することによって排気ガスを浄化する側)に設定することになる。

【0194】次に、請求項25に記載の発明について説明する。

【0195】請求項25に記載の発明は、推定された酸素吸収量O2SUM又は最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)に応じて空燃比フィードバックのゲインを変更するものである。ここでは、酸素吸収量O2SUMの上限値O2SUMmax・下限値O2SUMminに対してどの程度の余裕があるかを上述した酸素吸収量O2SUMや最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2S

UMmin)から取得し、これに応じて空燃比フィードバックゲインを変更する。空燃比フィードバックゲインは、空燃比フィードバック時の制御量を変更することによって変更される。

【0196】エンジン1の運転状態によっては、排気浄化触媒19の酸素吸収能力にまだ余裕があるので、排気浄化触媒19下流に窒素酸化物NOx、一酸化炭素CO、炭化水素HCが流出する吹き抜け現象が生じ得ることは既に説明した。この吹き抜け現象は、酸素吸収量O2SUMが上限値O2SUMmax又は下限値O2SUMminに近いほど生じやすい。

【0197】そこで、ここで制御の一例としては、酸素吸収量O2SUMが上限値O2SUMmax又は下限値O2SUMminに近いほど空燃比フィードバックゲインを大きくし、吹き抜けが生じやすい状態から生じにくい状態に速やかに移行させる場合などがある。これとは逆に、酸素吸収量O2SUMが上限値O2SUMmax又は下限値O2SUMminのほぼ中央にある場合は、空燃比フィードバックゲインが比較的小さくされる。このようにすることによって、空燃比フィードバックの制御系が乱れるのを抑止し、より安定した制御を行うことが可能となる。

【0198】あるいは、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)が小さくなった場合には、吹き抜けが発生しやすい状態となるので、空燃比フィードバックゲインを大きくして吹き抜けを生じさせにくくする。あるいは、酸素吸収量O2SUMが酸素吸収量目標値O2SUMrefから離れているほど空燃比フィードバックゲインを大きくし、酸素吸収量O2SUMをより早期に酸素吸収量目標値O2SUMrefに収束させる。酸素吸収量目標値O2SUMrefは、酸素吸収量O2SUMや最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)から得られる。

【0199】なお、空燃比フィードバックゲインの設定は、酸素吸収量O2SUMと最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)の何れか一方又は双方に基づいて行われる。また、酸素吸収量O2SUMや最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)から得られる上限値O2SUMmax・下限値O2SUMminに基づいて空燃比フィードバックゲインを決定してもよい。具体的には、空燃比フィードバック制御の制御量を変更することによって、空燃比フィードバックゲインを変更することができる。

【0200】次に、請求項26に記載の発明について説明する。

【0201】排気浄化触媒19はその酸素吸収能力によって、最大酸素吸収量(O2SUMmax-O2SUMmin)の範囲内で酸素を吸収・放出することが可能である。しかし、吸収している酸素を瞬時に全て放出したり、吸収し得る能力の一杯にまで瞬時に酸素を吸収することができる訳ではない。排気浄化触媒19が瞬時に吸脱し得る酸素量にも限界があり、ここでは、この排気浄化触媒19が瞬時に吸収し得る酸素量を瞬時吸収可能酸素量といい、瞬時に

放出し得る酸素量を瞬時放出可能酸素量という。

【0202】この瞬時吸蔵可能酸素量又は瞬時放出可能酸素量は、排気浄化触媒19の劣化と共に変化する。請求項26に記載の発明は、この瞬時吸蔵可能酸素量又は瞬時放出可能酸素量を利用して排気浄化触媒19の劣化を検出するもので、酸素吸脱量O2ADが排気浄化触媒19非劣化時の瞬時吸蔵可能酸素量又は瞬時放出可能酸素量の範囲内となるように制御空燃比が制御されたときの下流側空燃比センサ26の出力に基づいて排気浄化触媒19の劣化を検出するものである。

【0203】瞬時吸蔵可能酸素量C<sub>max</sub>と酸素吸蔵量O2SUMとの関係を図24(a)に示す。また、瞬時放出可能酸素量C<sub>min</sub>と酸素吸蔵量O2SUMとの関係を図24(b)に示す。図24(a)に示されるグラフの横軸は、酸素吸蔵量O2SUMとその上限値O2SUMmaxとの差であり、排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力の吸蔵側の余裕分を示している。図24(b)に示されるグラフの横軸は、酸素吸蔵量O2SUMとその下限値O2SUMminとの差であり、排気浄化触媒19の酸素吸蔵能力の放出側の余裕分を示している。

【0204】図24(a)及び図24(b)中、実線で示されているのが排気浄化触媒19が正常なときの瞬時吸蔵可能酸素量C<sub>max</sub>及び瞬時放出可能酸素量C<sub>min</sub>である。また、図24(a)及び図24(b)中、点線で示されているのが排気浄化触媒19が劣化していると判断される状態となつたときの瞬時吸蔵可能酸素量C<sub>max</sub>及び瞬時放出可能酸素量C<sub>min</sub>である。

【0205】図24(a)に示されるように、現在の酸素吸蔵量O2SUMの上限値O2SUMmaxに対する余裕が大きいほど、瞬時吸蔵可能酸素量C<sub>max</sub>は大きくなる。同様に、図24(b)に示されるように、現在の酸素吸蔵量O2SUMの下限値O2SUMminに対する余裕が大きいほど、瞬時放出可能酸素量C<sub>min</sub>は小さくなる(ここでは、酸素の放出側を負方向に定義しているため)。

【0206】ここで、例えば、現在の(O2SUMmax-O2SUMmin)がY1であるとして、酸素吸脱量O2ADがC1となるようにエンジン1の制御空燃比を制御(排気浄化触媒19の通過ガス量に関係する吸入空気量の制御も含む)する。このときの空燃比制御はリーン制御となる(いわゆるリーンスパイクといわれる瞬間的な空燃比変動を生じさせるものであつてもよい)。排気浄化触媒19が正常であれば、この空燃比制御によって生じるリーンな排気ガス内の酸素は全て排気浄化触媒19に吸蔵され得るはずである。

【0207】しかし、排気浄化触媒19が劣化している場合は、排気浄化触媒19に吸蔵されない酸素が生じ、排気浄化触媒19の下流側の排気空燃比がリーンになり、下流側空燃比センサ26によって検出される。このように、酸素吸脱量O2ADが排気浄化触媒19正常時(非劣化時)の瞬時吸蔵可能酸素量C<sub>max</sub>の範囲内となるようリーン制御を行ったときに、下流側空燃比センサ26

がリーンを検出するような場合は、排気浄化触媒19が劣化していると判定することができる。

【0208】同様にして、現在の(O2SUMmax-O2SUMmin)がY2であるとして、酸素吸脱量O2ADがC2となるようにエンジン1の制御空燃比を制御(排気浄化触媒19の通過ガス量に関係する吸入空気量の制御も含む)する。このときの空燃比制御は、リッチ制御となる(いわゆるリッチスパイクといわれる瞬間的な空燃比変動を生じさせるものでもよい)。排気浄化触媒19が正常であれば、この空燃比制御によって生じるリッチな排気ガスを浄化するために必要な酸素は排気浄化触媒19から充分に放出され得るはずである。

【0209】しかし、排気浄化触媒19が劣化している場合は、排気浄化触媒19からの酸素放出量が不足し、排気浄化触媒19の下流側の排気空燃比がリッチになり、下流側空燃比センサ26によって検出される。このように、酸素吸脱量O2ADが排気浄化触媒19正常時(非劣化時)の瞬時放出可能酸素量C<sub>min</sub>の範囲内となるようリッチ制御を行ったときに、下流側空燃比センサ26がリッチを検出するような場合は、排気浄化触媒19が劣化していると判定することができる。

【0210】なお、ここで、そのときの酸素吸蔵量O2SUMに応じてリーンスパイク制御とするかリッチスパイク制御とするかを決定している。具体的には、排気浄化触媒19が有している瞬時吸蔵側の余裕と瞬時放出側の余裕とを比較し、余裕のある側に制御する。即ち、瞬時吸蔵側の余裕が多く、瞬時放出側の余裕が少ない場合は、リーンスパイク制御とし、瞬時吸蔵側の余裕が少なく、瞬時放出側の余裕が多い場合は、リッチスパイク制御とする。図24(a)及び図24(b)についてもそのような場合を例示してある。

【0211】このようにすることによって、図24(a)及び図24(b)の正常時曲線と劣化時曲線との差が大きいことからも分かるように、より正確で安定した劣化検出を行うことができる。また、瞬時に吸蔵・放出される酸素量に基づいて劣化検出なので、劣化検出のための空燃比制御は短期間でよく、排気エミッションの悪化やドライバビリティの悪化を誘発しない。なお、図24に示されるマップは二次元マップであるが、これに触媒温度などの他のパラメータなどを加えて三次元以上のマップとしてもよい。

【0212】本発明は、上述した各実施形態に限定されるものではない。例えば、酸素吸蔵量推定手段はエンジン1の空燃比から算出される酸素吸脱量O2ADの履歴から酸素吸蔵量O2SUMを推定するが、上述した実施形態においては、酸素吸脱量O2ADを算出するための空燃比として上流側空燃比センサ25の出力を用いた。しかし、酸素吸脱量を算出するための空燃比として、エンジン1の制御空燃比を用いることも可能である。あるいは、上述した燃料挙動モデルや燃焼モデルから得られる空燃比を用

いてもよい。

### 【0213】

【発明の効果】 上述した請求項1～請求項26に記載の発明によれば、排気浄化触媒の酸素吸蔵能力を有効に活用しすることによって、排ガスの浄化性能を向上させることができると共に、酸素吸蔵能力を用いた触媒劣化検出性能を向上させることができるものである。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の制御装置の一実施形態を有する内燃機関を示す断面図である。

【図2】 排気浄化触媒の酸素吸蔵量O2SUMと、その目標値O2SUMref、及び、下流側空燃比センサ出力の様子を示すタイミングチャートである。

【図3】 酸素吸蔵量O2SUMの更新制御のフローチャートである。

【図4】 酸素吸蔵量O2SUMの上限値O2SUMmax及び下限値O2SUMminの更新制御を示すフローチャートである。

【図5】 酸素吸蔵量O2SUMの目標値O2SUMrefの更新制御及び燃料噴射量の補正係数KAFの算出に関するフローチャートである。

【図6】 排気浄化触媒の劣化判定に用いるマップである。

### 【図7】 空燃比予測値①を示すグラフである。

【図8】 出力予測値②及び空燃比予測値①を示すグラフである。

【図9】 検出誤差成分③、出力予測値②及び空燃比予測値①を示すグラフである。

### 【図10】 排ガス空燃比④を示すグラフである。

【図11】 出力予測値②及び空燃比予測値①を示すグラフである。

【図12】 補正空燃比⑤、排ガス空燃比④、検出誤差成分③及び空燃比予測値①を示すグラフである。

【図13】 通過ガス流量Gbと補正係数Kgとの関係を示すマップである。

【図14】 空燃比変化幅△Abyfと補正係数Kaとの関係を示すマップである。

【図15】 通過ガス流量Gbと補正係数Kg(max), Kg(min)との関係を示すマップである。

【図16】 空燃比変化幅△Abyfと補正係数Ka(max), Ka(min)との関係を示すマップである。

【図17】 実際の排ガス空燃比と空燃比センサ出力(電圧)との関係を示すグラフである。

【図18】 酸素吸蔵量O2SUMと下流側空燃比センサ出力との関係に基づく空燃比制御及び異常検出用のマップである。

【図19】 触媒温度と最大酸素吸蔵量式との関係に基づく異常検出用のマップである。

【図20】 空燃比センサ出力及び排ガス空燃比の時間的変化を示すグラフであり、(a)は下流側空燃比センサの出力変化を示しており、(b)は排気浄化触媒上流側の排ガス空燃比の変化を示している。

【図21】 下流側空燃比センサ26出力値差分と触媒劣化度合いとの関係を示すマップである。

【図22】 吸入空気量Gaと吹抜発生酸素吸蔵量との関係を示すマップである。

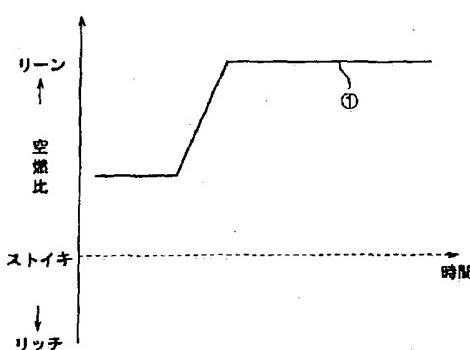
【図23】 排気浄化触媒の酸素吸蔵量O2SUMと制御目標値O2SUMref1, O2SUMref2との様子を示すタイミングチャートである。

【図24】 (a)は酸素吸蔵量O2SUM(及びその上限値O2SUMmax)と瞬時吸蔵可能酸素量Cmaxとの関係を示すグラフであり、(b)は酸素吸蔵量O2SUM(及びその下限値O2SUMmin)と瞬時放出可能酸素量Cminとの関係を示すグラフである。

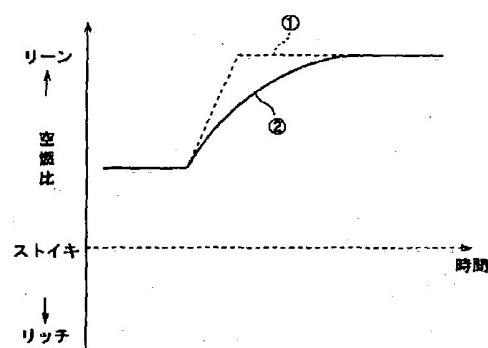
### 【符号の説明】

1…エンジン(内燃機関)、4…吸気通路、7…排気通路、13…エアフローメータ、18…ECU(酸素吸蔵量推定手段・最大酸素吸蔵量推定手段・空燃比目標値設定手段・異常判定手段・触媒劣化検出手段)、19…排気浄化触媒、25…上流側空燃比センサ(上流側空燃比検出手段)、26…下流側空燃比センサ(下流側空燃比検出手段)。

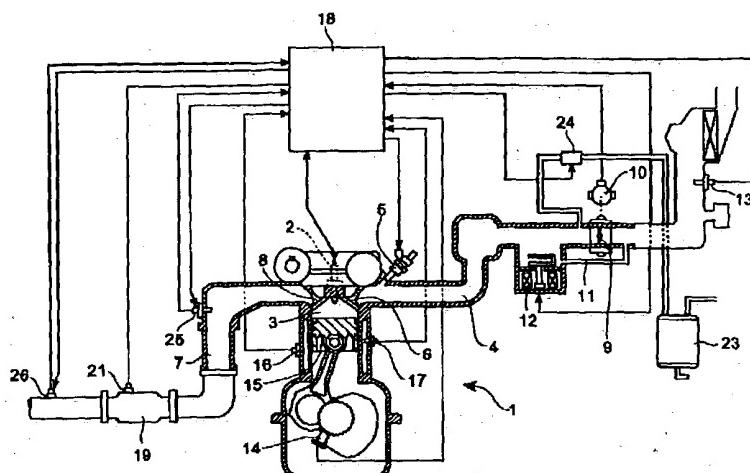
【図7】



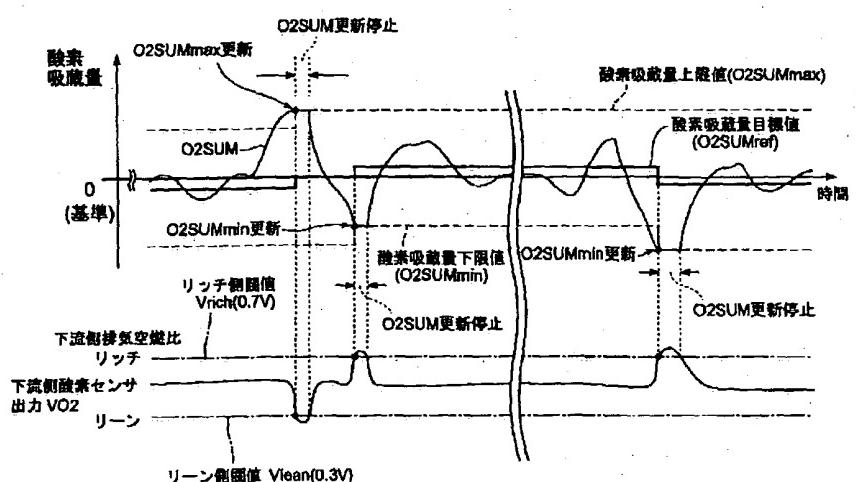
【図8】



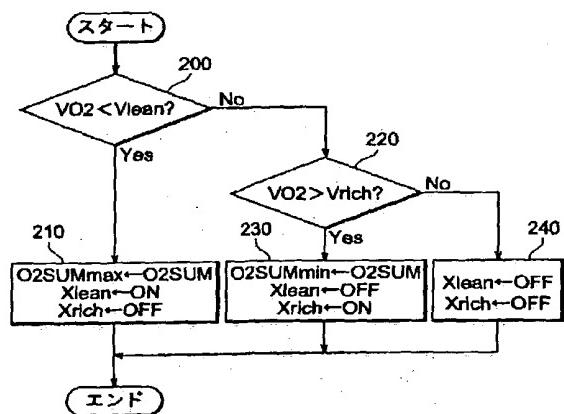
【図1】



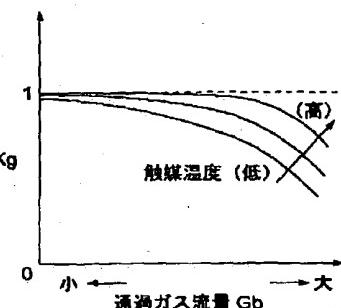
【図2】



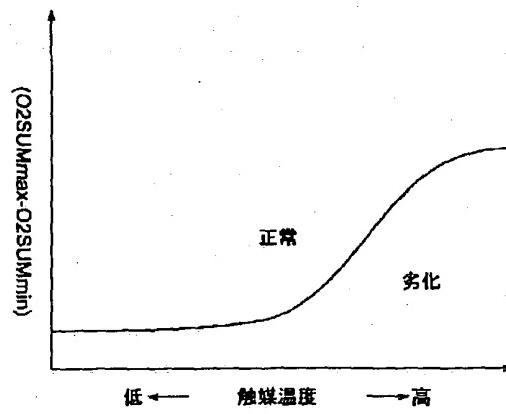
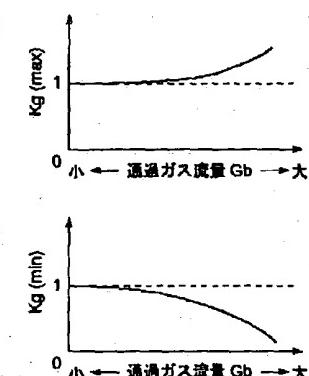
【図4】



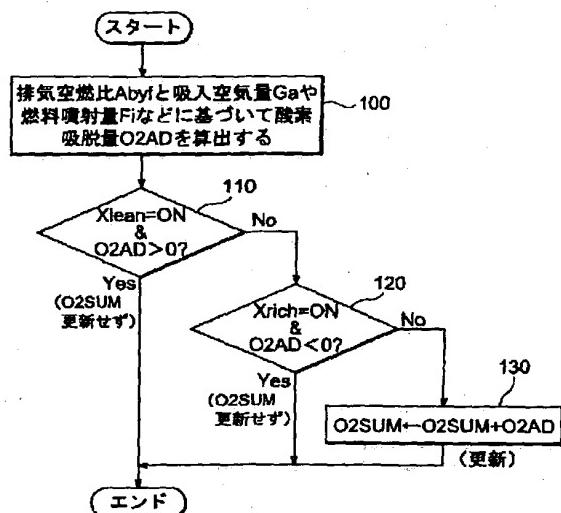
【図13】



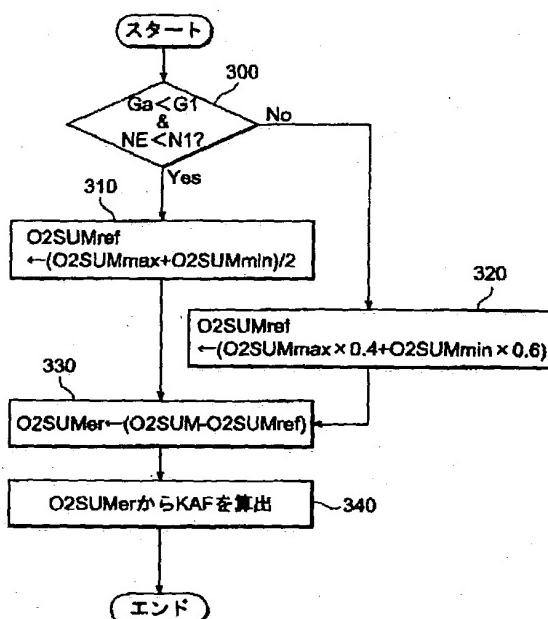
【図15】



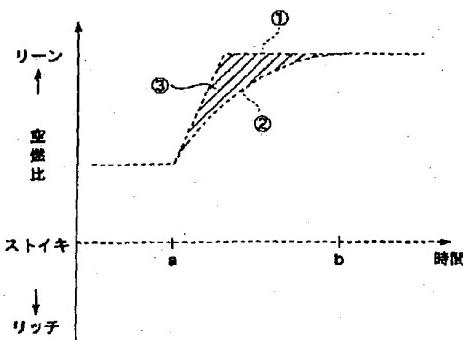
【図3】



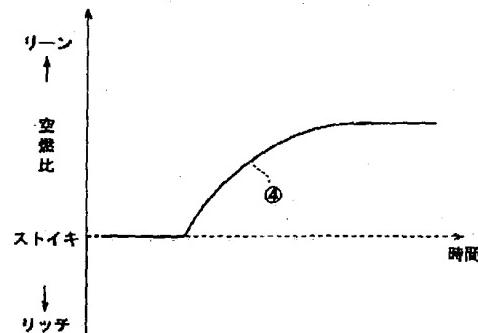
【図5】



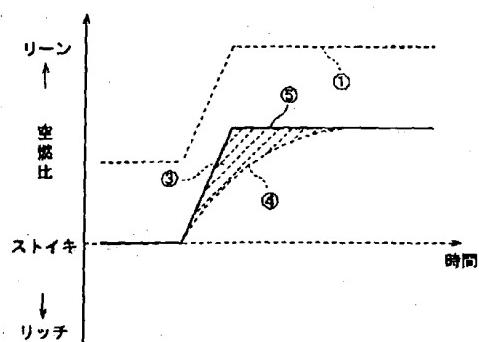
【図9】



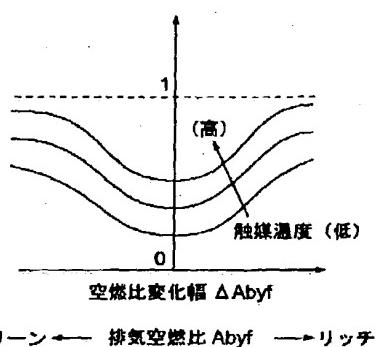
【図10】



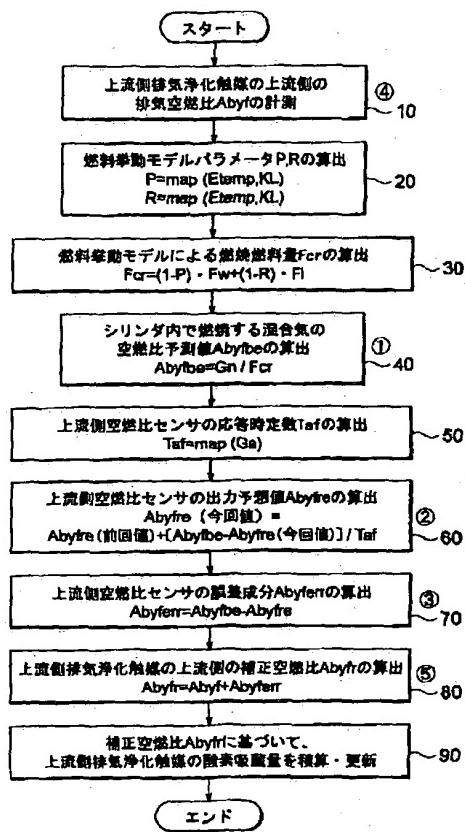
【図11】



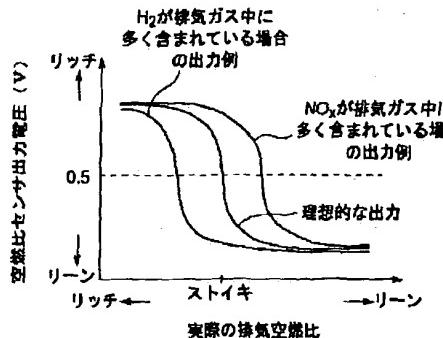
【図14】



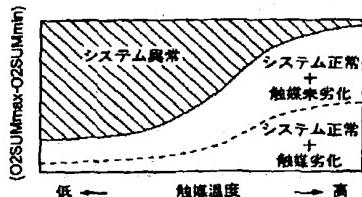
【図12】



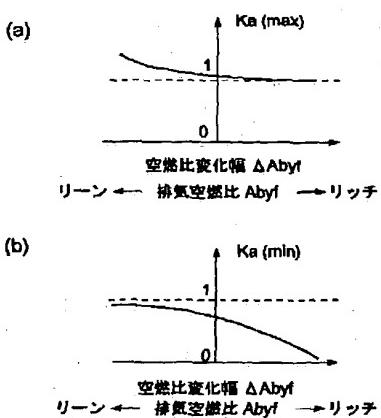
【図17】



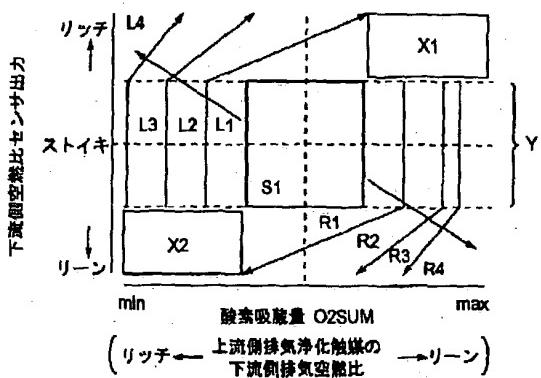
【図19】



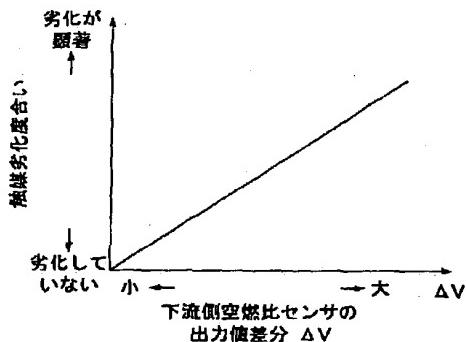
【図16】



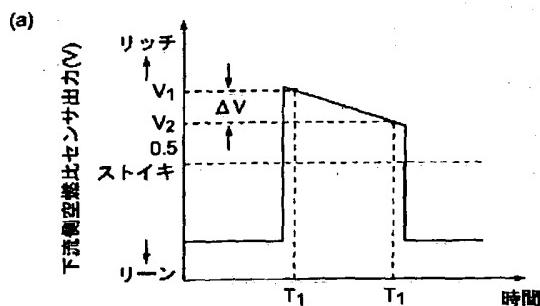
【図18】



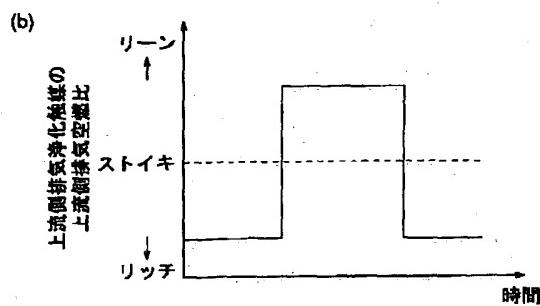
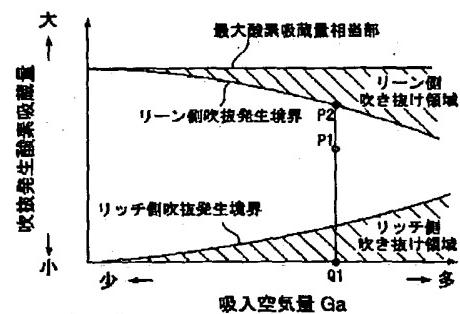
【図21】



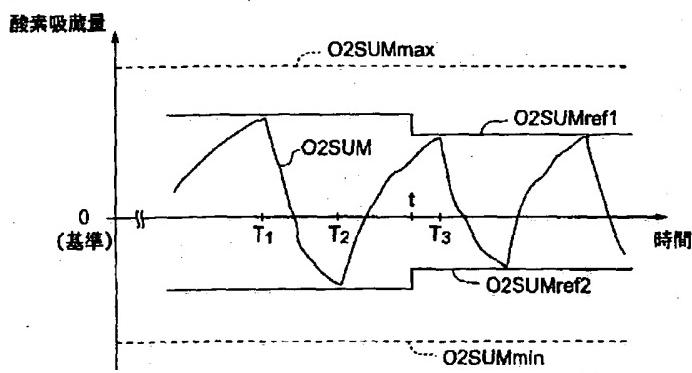
【図20】



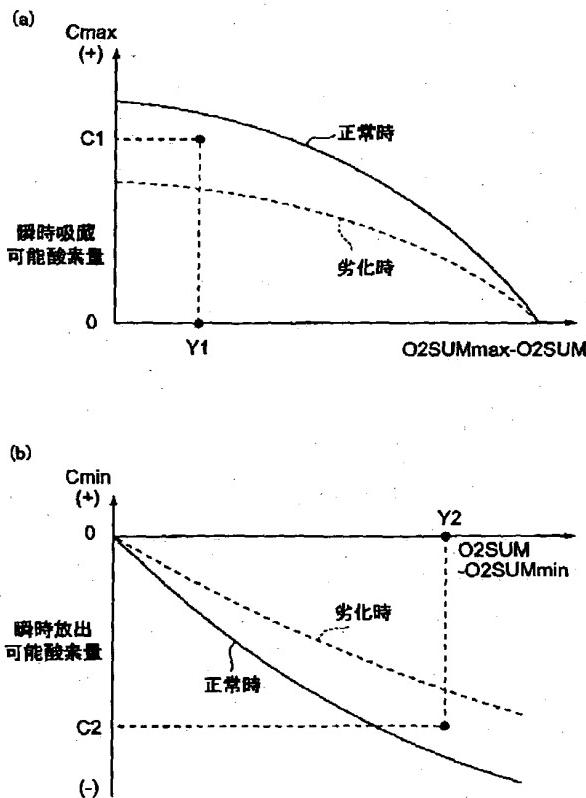
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	マーク (参考)
F 0 2 D 45/00	3 5 8	F 0 2 D 45/00	3 5 8 K
B 0 1 D 53/86		F 0 1 N 3/20	C
F 0 1 N 3/20		3/24	R
3/24		F 0 2 D 41/04	3 0 5 A
F 0 2 D 41/04	3 0 5		3 0 5 D
			3 0 5 E
			3 0 5 H
		B 0 1 D 53/36	B

(72) 発明者 小嶋 和法  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 片山 章弘  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 加藤 直人  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 永井 俊成  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3G084 BA09 BA24 DA04 DA10 DA28  
EB13 FA00 FA13 FA14 FA26  
FA28  
3G091 AA02 AA17 AA23 AA28 AB03  
BA14 BA15 BA19 BA27 BA31  
BA33 CB02 CB08 DA01 DA02  
DA04 DA07 DA10 DB04 DB05  
DB06 DB07 DB08 DB09 DB10  
DB13 DC03 EA01 EA05 EA07  
EA12 EA16 EA18 EA21 EA30  
EA33 EA34 FA02 FA05 FA06  
FA07 FA12 FA13 FA14 FB10  
FB11 FB12 FC02 GB04Y  
HA36 HA37 HA39 HB08  
3G301 HA01 HA17 JA03 JA13 JA21  
JB00 KA01 KA05 KA08 KA09  
LA05 LB02 MA01 MA11 NC04  
NC08 ND05 ND45 NE03 NE13  
NE15 NE16 NE18 NE23 PA01Z  
PA11Z PB02Z PB10Z PC08Z  
PD01Z PD03Z PD04Z PD09Z  
PD12Z PD16Z PE01Z PE03Z  
PE08Z  
4D048 AA06 AA13 AA18 AB03 CD06  
CD08 DA01 DA02 DA05 DA08  
DA20 EA04

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2002004930 A

(43) Date of publication of application: 09.01.02

(51) Int. Cl

F02D 45/00

B01D 53/86

F01N 3/20

F01N 3/24

F02D 41/04

(21) Application number: 2000191677

(22) Date of filing: 26.06.00

(71) Applicant: TOYOTA MOTOR CORP

(72) Inventor:  
KAKO JUNICHI  
FUWA NAOHIDE  
KOJIMA KAZUNORI  
KATAYAMA AKIHIRO  
KATO NAOTO  
NAGAI TOSHINARI

(54) AIR/FUEL RATIO CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

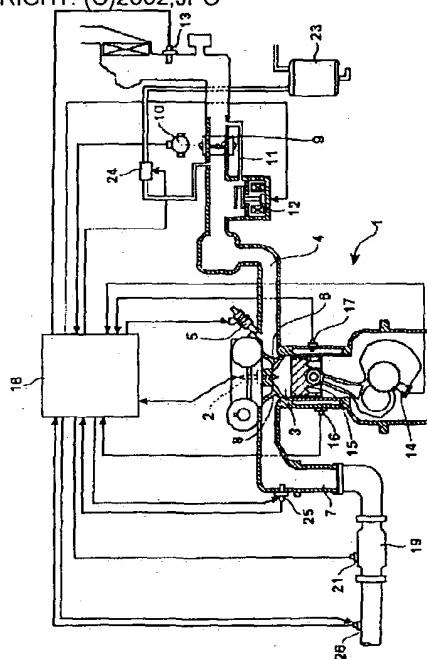
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an air/fuel ratio control device for an internal combustion engine having further excellent exhaust emission control characteristics by effectively utilizing the oxygen storing operation of an exhaust emission control catalyst.

SOLUTION: The air/fuel control device for the internal combustion engine comprises oxygen storing amount estimating means 18 for estimating the oxygen storing amount of the exhaust emission control catalyst 19 disposed in an exhaust passage 7 in the internal combustion engine 1 in accordance with the history of a oxygen storing/releasing amount, downstream exhaust air/fuel ratio detecting means 26 disposed downstream from the exhaust emission control catalyst 19, maximum oxygen storing amount estimating means 18 for estimating the maximum oxygen storing amount in accordance with an estimated value for the oxygen storing amount in case of the detected exhaust air/fuel ratio being a preset air/fuel ratio, and air/fuel ratio target value setting means 18 for setting a target value for a controlled air/fuel ratio in accordance with the estimated maximum oxygen storing amount estimated value. The oxygen storing amount estimating means 18

estimates the oxygen storing amount in accordance with the amount of a fuel to be supplied into a cylinder, predicted by a fuel behavior model considering the fuel deposited on the inner face of an inlet passage 4.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**CLAIMS**

[Claim(s)]

[Claim 1] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the aforementioned amount presumption means of oxygen occlusion is characterized by presuming the amount of oxygen occlusion based on the fuel quantity supplied in the cylinder predicted by the fuel behavior model in consideration of the adhesion fuel to the inhalation-of-air path inside of an internal combustion engine.

[Claim 2] The air-fuel ratio control system of the internal combustion engine according to claim 1 with which it is arranged in the upstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and has further an upstream exhaust air air-fuel ratio detection means to detect the upstream exhaust air air-fuel ratio of the aforementioned exhaust air purification catalyst, and the aforementioned amount presumption means of oxygen occlusion is characterized by presuming the amount of oxygen occlusion in consideration of the response delay of the aforementioned upstream air-fuel ratio sensor.

[Claim 3] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the aforementioned amount presumption means of oxygen occlusion is characterized by presuming the amount of oxygen occlusion based on the passage quantity of gas flow which passes the aforementioned exhaust air purification catalyst.

[Claim 4] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the

aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the aforementioned amount presumption means of oxygen occlusion is characterized by presuming the amount of oxygen occlusion based on the size of the air-fuel ratio variation of the aforementioned internal combustion engine.

[Claim 5] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. the passage quantity of gas flow which passes the aforementioned exhaust air purification catalyst for the amount of maximum oxygen occlusion which is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and presumed the aforementioned amount presumption means of maximum oxygen occlusion -- being based -- further -- an amendment -- it is characterized by things

[Claim 6] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. the amount of maximum oxygen occlusion which is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and presumed the aforementioned amount presumption means of maximum oxygen occlusion -- the size of control air-fuel ratio variation -- being based -- further -- an amendment -- it is characterized by things

[Claim 7] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed

amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the aforementioned amount presumption means of oxygen occlusion is characterized by presuming the amount of oxygen occlusion based on the exhaust gas composition which flows into the aforementioned exhaust air purification catalyst predicted with a combustion model.

[Claim 8] the aforementioned combustion model -- fuel -- the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine according to claim 7 characterized by being corrected based on a character

[Claim 9] The air-fuel ratio control system of the internal combustion engine according to claim 7 characterized by correcting the aforementioned combustion model according to the operational status of the aforementioned internal combustion engine.

[Claim 10] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and is characterized by amending the detection result of the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means based on the exhaust gas composition which flows into the aforementioned exhaust air purification catalyst.

[Claim 11] The air-fuel ratio control system of the internal combustion engine according to claim 10 with which exhaust gas composition is characterized by what is predicted with a combustion model.

[Claim 12] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and is characterized by having an unusual judging means to judge whether the presumed amount of oxygen occlusion is unusual, based on the presumed amount of oxygen occlusion, and the detected downstream exhaust air air-fuel ratio.

[Claim 13] It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine according to claim 12 characterized by deleting the history of the amount of oxygen occlusion till then, and starting presumption of the amount of oxygen occlusion newly when it judges with the aforementioned unusual judging means having the presumed unusual amount of oxygen occlusion.

[Claim 14] It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine according to claim 13 characterized by correcting the amount presumption model of oxygen occlusion when it judges with the aforementioned unusual judging means having the presumed unusual amount of oxygen occlusion.

[Claim 15] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means

for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and when the amount of maximum oxygen occlusion presumed by the aforementioned amount presumption means of maximum oxygen occlusion exceeds a predetermined value, it is characterized by equipping the presumed amount of maximum oxygen occlusion with an unusual judging means to judge with it being unusual.

[Claim 16] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and is characterized by having a catalyst de-activation detection means to detect the degradation degree of the aforementioned exhaust air purification catalyst, based on the change inclination of the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means.

[Claim 17] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the amount of well generating oxygen occlusion which has not carried out the maximum use of the oxygen occlusion capacity of the aforementioned exhaust air purification catalyst and which is blown and a phenomenon generates is set up beforehand, and is characterized by proofreading the amount of oxygen occlusion based on the aforementioned amount of well generating oxygen occlusion at the time of blow-by phenomenon generating.

[Claim 18] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned

downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and it has an occlusion weight label value setting means to set up the oxygen occlusion weight label value used as the desired value of the amount of oxygen occlusion set up based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion, and the aforementioned occlusion weight label value setting means is characterized by giving fixed forced oscillation to an oxygen occlusion weight label value.

[Claim 19] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the aforementioned air-fuel ratio target setting means is characterized by setting up desired value so that the amplitude of a control air-fuel ratio may become large gradually.

[Claim 20] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the aforementioned air-fuel ratio target setting means is characterized by setting up desired value so that the period of a control air-fuel ratio may become long gradually.

[Claim 21] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and is characterized by having an oxygen occlusion weight label value setting means to set up the desired value of the amount of oxygen occlusion, for the aforementioned oxygen occlusion weight label value setting means setting up two or more desired value between the minimum value of the amount of oxygen occlusion, and maximum, changing these, and setting up as control objectives.

[Claim 22] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and, as for the cold starting direct rear stirrup of the aforementioned internal combustion engine, the aforementioned air-fuel ratio desired value setting means is characterized by setting up the desired value of a control air-fuel ratio in a RIN field at the time of low load operation.

[Claim 23] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the aforementioned air-fuel ratio desired value setting means is characterized by setting up the desired value of a control air-fuel ratio in a rich field at the time of heavy load operation of the aforementioned internal combustion engine.

[Claim 24] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and, as for the fuel-cut execution front stirrup to the aforementioned internal combustion engine, the aforementioned air-fuel ratio desired value setting means is characterized by setting up the operating period which sets up the desired value of a control air-fuel ratio in a rich field before a halt of the aforementioned internal combustion engine.

[Claim 25] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount

estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. It is the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine equipped with the above, and the aforementioned air-fuel ratio desired value setting means is characterized by setting up the gain of air-fuel ratio feedback based on the amount of maximum oxygen occlusion presumed by the amount of oxygen occlusion or the aforementioned amount presumption means of maximum oxygen occlusion presumed by the aforementioned amount presumption means of oxygen occlusion.

[Claim 26] An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of the aforementioned internal combustion engine. A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst on the aforementioned flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the aforementioned exhaust air purification catalyst. An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel ratio detected by the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio. An air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion. it had the above -- coming out -- it is -- the aforementioned oxygen \*\*\*\*\* -- within the limits of the amount of instant occlusion possible oxygen at the time of exhaust air purification catalyst un-deteriorating, or the amount of oxygen which can be instant emitted -- \*\* -- it carries out having a catalyst-de-activation detection means detect degradation of the aforementioned exhaust-air purification catalyst based on the output of the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means when a control air-fuel ratio is controlled to become as the feature

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the air-fuel ratio control system of an internal combustion engine.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is made to reduce simultaneously nitrogen oxide NOx, a carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC in an internal combustion engine by arranging an exhaust air purification catalyst (three way component catalyst) on a flueway, and the air-fuel ratio sensor formed in the flueway detecting an air-fuel ratio, in order to purify exhaust gas, and performing feedback control so that a gaseous mixture may serve as theoretical air fuel ratio.

[0003] In order to raise further the rate of purification of the exhaust gas discharged from an internal combustion engine, it is effective to perform feedback control mentioned above with a sufficient precision. Moreover, it is also effective to raise further the rate of purification of nitrogen oxide NOx, a carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC paying attention to an oxygen occlusion operation of an exhaust air purification catalyst. The control for using this oxygen occlusion operation effectively is considered from the former. As a control unit which paid its attention to such an oxygen occlusion operation, the thing of a publication etc. is in JP,9-310635,A. The control unit given in JP,9-310635,A was what controls an air-fuel ratio so that the desired value of the amount of oxygen (the amount of oxygen occlusion) by which occlusion is carried out to an exhaust air purification catalyst is set up so that an exhaust air purification catalyst may serve as a half grade of the maximum amount of oxygen occlusion (the amount of maximum oxygen occlusion) which can carry out occlusion, and the amount of oxygen occlusion serves as this desired value.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the amount of maximum oxygen occlusion in a control unit given in the official report mentioned above was a default (or thing which amended the default) fundamentally, and was not necessarily a thing reflecting the actual amount of maximum oxygen occlusion. For this reason, there was also a situation which is not pulling out the performance of an exhaust air purification catalyst to the maximum extent. Then, an improvement which can acquire a much more advanced purification property was desired.

[0005] Therefore, the purpose of this invention has an exhaust air purification property in offering the air-fuel ratio control system of the further excellent internal combustion engine, using more effectively an oxygen occlusion operation of an exhaust air purification catalyst.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The air-fuel ratio control system of the internal combustion engine of this invention according to claim 1 to 26 all An amount presumption means of oxygen occlusion to presume the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst arranged in the flueway of an internal combustion engine based on the history of oxygen \*\*\*\*\* computed from the air-fuel ratio of an internal combustion engine, A downstream exhaust air air-fuel ratio detection means for it to be arranged in the downstream of the exhaust air purification catalyst on a flueway, and to detect the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of an exhaust air purification catalyst, An amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion based on the amount estimate of oxygen occlusion in case the exhaust air air-fuel

ratio detected by the downstream air-fuel ratio detection means is a predetermined air-fuel ratio, It has an air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion.

[0007] And in invention according to claim 1, the amount presumption means of oxygen occlusion is characterized by presuming the amount of oxygen occlusion based on the fuel quantity supplied in the cylinder predicted by the fuel behavior model in consideration of the adhesion fuel to the inhalation-of-air path inside of an internal combustion engine.

[0008] Invention according to claim 2 is arranged in the upstream of the exhaust air purification catalyst on a flueway in invention according to claim 1 mentioned above, and is further equipped with an upstream exhaust air air-fuel ratio detection means to detect the upstream exhaust air air-fuel ratio of an exhaust air purification catalyst, and the amount presumption means of oxygen occlusion is characterized by presuming the amount of oxygen occlusion in consideration of the response delay of an upstream air-fuel ratio sensor.

[0009] It is characterized by invention according to claim 3 presuming the amount of oxygen occlusion based on the passage quantity of gas flow to which the amount presumption means of oxygen occlusion passes an exhaust air purification catalyst.

[0010] Invention according to claim 4 is characterized by the amount presumption means of oxygen occlusion presuming the amount of oxygen occlusion based on the size of the air-fuel ratio variation of an internal combustion engine.

[0011] the passage quantity of gas flow which passes an exhaust air purification catalyst for the amount of maximum oxygen occlusion invention according to claim 5 presumed the amount presumption means of maximum oxygen occlusion to be -- being based -- further -- an amendment -- it is characterized by things

[0012] the amount of maximum oxygen occlusion invention according to claim 6 presumed the amount presumption means of maximum oxygen occlusion to be -- the size of control air-fuel ratio variation -- being based -- further -- an amendment -- it is characterized by things

[0013] It is characterized by invention according to claim 7 presuming the amount of oxygen occlusion based on the exhaust gas composition which flows into the exhaust air purification catalyst the amount presumption means of oxygen occlusion is predicted to be with a combustion model.

[0014] invention according to claim 7 which mentioned above invention according to claim 8 -- setting -- a combustion model -- fuel -- it is characterized by being corrected based on a character

[0015] Invention according to claim 9 is characterized by correcting a combustion model according to the operational status of the aforementioned internal combustion engine in invention according to claim 7 mentioned above.

[0016] Invention according to claim 10 is characterized by amending the detection result of a downstream air-fuel ratio detection means based on the exhaust gas composition which flows into an exhaust air purification catalyst.

[0017] Invention according to claim 11 is characterized by predicting exhaust gas composition with a combustion model in invention according to claim 10 mentioned above.

[0018] Invention according to claim 12 is characterized by having an unusual judging means to judge whether the presumed amount of oxygen occlusion is unusual, based on the presumed amount of oxygen occlusion, and the detected downstream exhaust air air-fuel ratio.

[0019] In invention according to claim 12 which mentioned above invention according to claim 13, when it judges with an unusual judging means having the presumed unusual amount of oxygen occlusion, the history of the amount of oxygen occlusion till then is deleted, and it is characterized by starting presumption of the amount of oxygen occlusion newly.

[0020] In invention according to claim 13 which mentioned above invention according to claim 14, when it judges with an unusual judging means having the presumed unusual amount of oxygen occlusion, it is characterized by correcting the amount presumption model of oxygen occlusion.

[0021] Invention according to claim 15 is characterized by equipping the presumed amount of maximum oxygen occlusion with an unusual judging means to judge with it being unusual, when the amount of maximum oxygen occlusion presumed by the amount presumption means of maximum oxygen occlusion exceeds a predetermined value.

[0022] Invention according to claim 16 is characterized by having a catalyst de-activation detection

means to detect the degradation degree of an exhaust air purification catalyst, based on the change inclination of the exhaust air air-fuel ratio detected by the downstream air-fuel ratio detection means.

[0023] The amount of well generating oxygen occlusion which has not carried out the maximum use of the oxygen occlusion capacity of an exhaust air purification catalyst and which is blown and a phenomenon generates is set up beforehand, and invention according to claim 17 is characterized by proofreading the amount of oxygen occlusion based on the amount of well generating oxygen occlusion at the time of blow-by phenomenon generating.

[0024] Invention according to claim 18 is equipped with an occlusion weight label value setting means to set up the oxygen occlusion weight label value used as the desired value of the amount of oxygen occlusion set up based on the presumed amount estimate of maximum oxygen occlusion, and the occlusion weight label value setting means is characterized by giving fixed forced oscillation to an oxygen occlusion weight label value.

[0025] As for invention according to claim 19, the air-fuel ratio target setting means is characterized by the amplitude of a control air-fuel ratio setting up desired value so that it may become gradually large.

[0026] As for invention according to claim 20, the aforementioned air-fuel ratio target setting means is characterized by the period of a control air-fuel ratio setting up desired value so that it may become gradually long.

[0027] Invention according to claim 21 is characterized by having an oxygen occlusion weight label value setting means to set up the desired value of the amount of oxygen occlusion, for an oxygen occlusion weight label value setting means setting up two or more desired value between the minimum value of the amount of oxygen occlusion, and maximum, changing these, and setting up as control objectives.

[0028] As for invention according to claim 22, the air-fuel ratio desired value setting means is characterized by the cold starting direct rear stirrup of an internal combustion engine setting up the desired value of a control air-fuel ratio in a RIN field at the time of low load operation.

[0029] Invention according to claim 23 is characterized by an air-fuel ratio desired value setting means setting up the desired value of a control air-fuel ratio in a rich field at the time of heavy load operation of an internal combustion engine.

[0030] The air-fuel ratio desired value setting means is characterized by invention according to claim 24 setting up the operating period by which the fuel-cut execution front stirrup to an internal combustion engine sets up the desired value of a control air-fuel ratio in a rich field before a halt of an internal combustion engine.

[0031] It is characterized by invention according to claim 25 setting up the gain of air-fuel ratio feedback based on the amount of maximum oxygen occlusion presumed by the amount of oxygen occlusion or the amount presumption means of maximum oxygen occlusion which the air-fuel ratio desired value setting means was presumed by the amount presumption means of oxygen occlusion.

[0032] invention according to claim 26 -- oxygen \*\*\*\*\* -- within the limits of the amount of instant occlusion possible oxygen at the time of exhaust air purification catalyst un-deteriorating, or the amount of oxygen which can be instant emitted -- \*\* -- it is characterized by having a catalyst deactivation detection means to detect degradation of the aforementioned exhaust air purification catalyst based on the output of the aforementioned downstream air-fuel ratio detection means when a control air-fuel ratio is controlled to become

[0033]

[Embodiments of the Invention] Before explanation of an operation gestalt, an oxygen occlusion operation of an exhaust air purification catalyst is explained briefly.

[0034] In the operation gestalt explained below, as shown in drawing 1, it has the exhaust air purification catalyst 19 on the flueway 7. In addition, two or more exhaust air purification catalysts may be established in the direction of an upper lower stream of a river on a flueway. Moreover, when the exhaust pipe for every cylinder arranges an exhaust air purification catalyst to an upstream rather than the part summarized to one in the case of a multiple cylinder engine etc., more than one may be prepared. For example, it is the case where one exhaust air purification catalyst is installed in the part where the 2-cylinder exhaust pipe of them was packed into one to a 4-cylinder engine, and

another exhaust air purification catalyst is installed in the part where the exhaust pipe which is the remaining 2 cylinders was packed into one etc. In this operation gestalt, the exhaust pipe for every cylinder 3 is packed into one, and one exhaust air purification catalyst 19 is arranged in the downstream rather than the \*\*\*\* part.

[0035] As an exhaust air purification catalyst 19 in the following operation forms, the three way component catalyst which has an oxygen occlusion operation is used. This three way component catalyst has components, such as Seria ( $\text{CeO}_2$ ), and has occlusion and the property to emit for the oxygen in exhaust gas.

[0036] The oxygen occlusion discharge function of this three way component catalyst carries out adsorption maintenance of the excess oxygen which exists in exhaust gas if the air-fuel ratio of a gaseous mixture becomes RIN. It is what emits the oxygen by which adsorption maintenance was carried out when the air-fuel ratio became rich. Since adsorption maintenance of the superfluous oxygen is carried out at a catalyst when a gaseous mixture becomes RIN, nitrogen oxide  $\text{NO}_x$  is returned. Since the oxygen by which adsorption maintenance was carried out is emitted to a catalyst when a gaseous mixture becomes rich, a carbon monoxide CO and Hydrocarbon HC can oxidize, and both nitrogen oxide  $\text{NO}_x$ , a carbon monoxide CO, and the hydrocarbon HC can be purified.

[0037] When the exhaust air air-fuel ratio of close gas becomes RIN, it becomes impossible to carry out occlusion of the oxygen, and it becomes impossible to fully purify the nitrogen oxide  $\text{NO}_x$  in exhaust gas, if the three way component catalyst is carrying out occlusion of the oxygen to the limitation of the oxygen occlusion capacity at this time as mentioned above. Since oxygen cannot be emitted on the other hand when the exhaust air air-fuel ratio of close gas becomes rich if the three way component catalyst has emitted oxygen and has not carried out occlusion of the oxygen at all, it becomes impossible to fully purify the carbon monoxide CO and Hydrocarbon HC in exhaust gas. For this reason, it is desirable to maintain the amount of oxygen occlusion so that it can respond, even if the exhaust air air-fuel ratio of close gas serves as RIN and it becomes rich.

[0038] In order to maintain the amount of oxygen occlusion of a three way component catalyst in the desirable range, it is necessary to grasp correctly the amount of oxygen occlusion by which occlusion is carried out to the three way component catalyst. The three way component catalyst calculated occlusion and the amount of oxygen to emit from the air-fuel ratio, and the amount of oxygen occlusion has obtained them by integrating this. That is, when it is going to compute the amount of oxygen occlusion correctly, it is necessary to obtain an air-fuel ratio correctly. Moreover, if a needless to say and exact air-fuel ratio is obtained, exact air-fuel ratio feedback control can also be performed.

[0039] Although the operation form of the air-fuel ratio control system of the internal combustion engine of this invention according to claim 1 to 26 is explained below, the composition of the air-fuel ratio control system corresponding to each claim is common. For this reason, the block diagram of an internal combustion engine which has the control unit of this operation form in drawing 1 is shown.

[0040] The control unit of this operation form controls the engine 1 which is an internal combustion engine. An engine 1 generates driving force by lighting to the gaseous mixture in each cylinder 3 with an ignition plug 2, as shown in drawing 1. On the occasion of combustion of an engine 1, it passes along the inhalation-of-air path 4, and is mixed with the fuel injected from the injector 5, and the inhalation of air of the air inhaled from the outside is carried out into a cylinder 3 as a gaseous mixture. Between the interior of a cylinder 3, and the inhalation-of-air path 4, it is opened and closed by the inhalation-of-air bulb 6. The gaseous mixture which burned inside the cylinder 3 is exhausted by the flueway 7 as exhaust gas. Between the interior of a cylinder 3, and a flueway 7, it is opened and closed by the exhaust air bulb 8.

[0041] In addition, the fuel quantity which is supplied in a cylinder 3 and contributes to combustion is not necessarily in agreement with the fuel quantity injected from the injector 5. As the big factor, adhesion of the fuel to the wall of a cylinder 3 or a suction port or secession of the adhesion fuel from these walls is mentioned. That is, some fuel injected from the injector 5 adheres to the wall of a cylinder 3 or a suction port, and this adhering fuel does not burn. Contrary to this, the fuel which had already adhered to the wall of a cylinder 3 or a suction port may exfoliate, and it may burn.

[0042] On the inhalation-of-air path 4, the throttle valve 9 which adjusts the inhalation air content

inhaled in a cylinder 3 is arranged. The throttle position sensor 10 which detects the opening is connected to this throttle valve 9. Moreover, on the inhalation-of-air path 4, the air bypass valve 12 which adjusts the inhalation air content supplied to a cylinder 3 through the bypass path 11 at the time of an idle (at the time of the close by-pass bulb completely of a throttle valve 9) is also allotted. Furthermore, on the inhalation-of-air path 4, the air flow meter 13 for detecting an inhalation air content is also attached.

[0043] Near the crankshaft of an engine 1, the crank position sensor 14 which detects the position of a crankshaft is attached. It can also ask for the position of the piston 15 in a cylinder 3, and an engine speed NE from the output of the crank position sensor 14. Moreover, the coolant temperature sensor 17 which detects the knock sensor 16 which detects knocking of an engine 1, and a circulating water temperature is also attached in the engine 1.

[0044] It connects with the electronic control unit (ECU) 18 which controls an engine 1 synthetically, and the sensors of these ignition plugs 2, an injector 5, a throttle position sensor 10, an air bypass valve 12, an air flow meter 13, the crank position sensor 14, a knock sensor 16, a coolant temperature sensor 17, or others were controlled based on the signal from ECU18, or it has sent out the detection result to ECU18. The purge control valve 24 which makes the degree sensor 21 of catalyst temperature which measures the temperature of the exhaust air purification catalyst 19 arranged on the flueway 7, and the evaporation fuel in the fuel tank as for which the uptake was carried out by the charcoal canister 23 purge on the inhalation-of-air path 4 is also connected to ECU18.

[0045] Moreover, the downstream air-fuel ratio sensor 26 attached in the downstream of the upstream air-fuel ratio sensor 25 attached in the upstream of the exhaust air purification catalyst 19 and the exhaust air purification catalyst 19 is also connected to ECU18. The upstream air-fuel ratio sensor 25 is a linear air-fuel ratio sensor which detects an exhaust air air-fuel ratio linearly from the oxygen density in the exhaust gas in the attaching position. The downstream air-fuel ratio sensor 26 is an oxygen sensor which detects an exhaust air air-fuel ratio in turning on and off from the oxygen density in the exhaust gas in the attaching position. In addition, since these air-fuel ratio sensors 25 and 26 cannot perform exact detection if they do not become more than predetermined temperature (activation temperature), the temperature up of them is carried out by the power supplied from ECU18 so that a temperature up may be carried out to an activation temperature at an early stage.

[0046] ECU18 has ROM which stored the backup RAM by which the contents of storage are held with RAM which memorizes various amount of information, such as CPU, the result of an operation, etc. which calculate inside, and a battery, and each control program. Based on an air-fuel ratio, an engine 1 is controlled or ECU18 calculates the amount of oxygen occlusion by which occlusion is carried out to the exhaust air purification catalyst 19. Moreover, ECU18 calculates the fuel oil consumption injected with an injector 5, or also performs the degradation judging of the exhaust air purification catalyst 19 from the history of the amount of oxygen occlusion. That is, ECU18 controls an engine 1 based on the detected exhaust air air-fuel ratio, the computed amount of oxygen occlusion.

[0047] Next, the feedback control and the degradation detection control of the exhaust air purification catalyst 19 which maintain the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 to a suitable value with the air-fuel ratio control system mentioned above using the history of oxygen \*\*\*\*\* are explained.

[0048] In addition, the different control method control and a little [ which is explained below in each example of control about a claim 1 - a claim 26 about a claim 1 - a claim 26 although example \*\*\*\*\* explanation of each control is given after the explanation about the amount of oxygen occlusion explained below or explanation of a catalyst de-activation judging ] may be used. Control of amount Oof oxygen occlusion2SUM explained here is explained as that which is to these foundations. A different portion in each example of control about a claim 1 - a claim 26 is explained in detail at the time of explanation of each example of control. In order to give explanation easy, the example of a time change of each controlled variable in the control which is to these foundations is shown in drawing 2.

[0049] Amount Oof oxygen occlusion2SUM presumes oxygen \*\*\*\*\* O2AD of the exhaust air purification catalyst 19 from the exhaust air air-fuel ratio Abyf of the upstream of the exhaust air

purification catalyst 19 detected by the upstream air-fuel ratio sensor 25, and is obtained by integrating this (namely, thing for which a history is used). Here, when oxygen \*\*\*\*\* O2AD is a positive value, occlusion of the oxygen shall be carried out to the exhaust air purification catalyst 19, and oxygen shall be emitted at the time of a negative value. First, calculation of amount Oof oxygen occlusion2SUM is explained based on the flow chart shown in drawing 3.

[0050] In addition, amount Oof oxygen occlusion2SUM is computed here considering a certain point in time (at for example, the time of ignition-on) as criteria (O2SUM=0). That is, amount Oof oxygen occlusion2SUM is added when occlusion of the oxygen is carried out to the exhaust air purification catalyst 19, and when emitted, it is subtracted.

[0051] First, the upstream air-fuel ratio sensor 25 detects the exhaust air air-fuel ratio Abyf of the close gas to the exhaust air purification catalyst 19. Moreover, an air flow meter 13 detects the inhalation air content Ga. Oxygen \*\*\*\*\* O2AD of occlusion and the oxygen emitted is computed for the exhaust air purification catalyst 19 from the inhalation air content Ga, this exhaust air air-fuel ratio Abyf, fuel oil consumption, etc. (Step 100). You may ask for this calculation of oxygen \*\*\*\*\* O2AD from the map in ECU18, and it may be computed using the formula which ECU18 was made to memorize.

[0052] It judges whether the RIN flag Xlean of a downstream exhaust air air-fuel ratio is ON after Step 100, and computed oxygen \*\*\*\*\* O2AD is a positive value (Step 110). In addition, although the RIN flag Xlean and the rich flag Xrich of a downstream exhaust air air-fuel ratio are explained in full detail later on, when the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the exhaust air purification catalyst 19 is RIN, the RIN flag Xlean is set to ON, and when rich, as for the RIN flag Xlean and the rich flag Xrich, the rich flag Xrich is set to ON.

[0053] In Step 110, by RIN, I hear that the amount of oxygen is a surplus, and ON has the exhaust air air-fuel ratio of the appearance gas from the exhaust air purification catalyst 19 in the RIN flag Xlean of a downstream exhaust air air-fuel ratio. Moreover, it can be said that it is in the state where the oxygen which can carry out occlusion is contained in the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 that oxygen \*\*\*\*\* O2AD is a positive value. Therefore, when Step 110 is affirmed, in spite of containing in the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 the oxygen which can carry out occlusion, the exhaust air purification catalyst 19 has already carried out occlusion of the oxygen to the limitation, and is in the state which cannot carry out occlusion of the oxygen any more.

[0054] For this reason, when Step 110 is affirmed, this routine is ended as it is and amount Oof oxygen occlusion2SUM of the exhaust air purification catalyst 19 is not updated. Since it keeps noting that occlusion of the oxygen which cannot carry out occlusion in fact will be carried out, if amount Oof oxygen occlusion2SUM is updated when Step 110 is affirmed, renewal of amount Oof oxygen occlusion2SUM is forbidden in this way. When Step 110 is denied, it judges whether the rich flag Xrich of a downstream exhaust air air-fuel ratio is ON shortly, and computed oxygen \*\*\*\*\* O2AD is a negative value (Step 120).

[0055] The exhaust air air-fuel ratio of ON of the appearance gas from the exhaust air purification catalyst 19 is rich in the rich flag Xrich of a downstream exhaust air air-fuel ratio, and it is the state where the amounts of oxygen are insufficient. Moreover, it can be said that that oxygen \*\*\*\*\* O2AD is a negative value has the rich exhaust air air-fuel ratio of the close gas to the exhaust air purification catalyst 19, and it is in the state which should be made to emit the oxygen in which the exhaust air purification catalyst 19 is carrying out occlusion, and should purify exhaust gas.

Therefore, although the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 is in the state purified by the oxygen emitted from the exhaust air purification catalyst 19 when Step 120 is affirmed, the exhaust air purification catalyst 19 is in the state which has already emitted oxygen and cannot emit oxygen any more.

[0056] For this reason, when Step 120 is affirmed, amount Oof oxygen occlusion2SUM of more than it and the exhaust air purification catalyst 19 is not updated. Since it keeps noting that the oxygen which cannot be emitted in fact will be emitted, if amount Oof oxygen occlusion2SUM is updated when Step 120 is affirmed, renewal of amount Oof oxygen occlusion2SUM is forbidden in this way. Although the state where occlusion of the oxygen has been carried out to the oxygen which can carry out occlusion being in close gas, and oxygen should be emitted as mentioned above when Step 120 is

also denied, since it is not in the state which has emitted oxygen, amount Oof oxygen occlusion2SUM is updated using computed oxygen \*\*\*\*\* O2AD (Step 130).

[0057] Thus, the amount of oxygen by which occlusion is carried out to the exhaust air purification catalyst 19 can always be correctly presumed by what (updating is forbidden when Step 110 or Step 120 is affirmed) amount Oof oxygen occlusion2SUM is updated for using oxygen \*\*\*\*\* O2AD. Thus, the history of generated amount Oof oxygen occlusion2SUM is shown in the upper case of the timing chart of drawing 2. Amount Oof oxygen occlusion2SUM updated serially is memorized by ECU18.

[0058] Subsequently, calculation of upper-limit O2SUMmax of amount Oof oxygen occlusion2SUM and lower limit O2SUMmin is explained based on the flow chart shown in drawing 4.

[0059] In addition, since it is based on the time of there being amount Oof oxygen occlusion2SUM as mentioned above, in this operation gestalt, upper-limit O2SUMmax and lower limit O2SUMmin are also based on this time. Moreover, when the criteria ( $O2SUM=0$ ) of amount Oof oxygen occlusion2SUM are specified, it is  $O2SUMmax=O2SUMmin=0$ .

[0060] First, as shown in the lower berth in the timing chart of drawing 2, the output voltage VO2 of the downstream air-fuel ratio sensor 25 judges whether it is under the RIN side \*\* value Vlean (specifically [ here ] 0.3 V) defined beforehand (Step 200). It is thought that it is in the state which cannot carry out occlusion any more that output voltage VO2 is under the RIN side \*\* value Vlean since the exhaust air purification catalyst 19 is carrying out occlusion of the oxygen to the limitation of the oxygen occlusion capacity. For this reason, it memorizes to ECU by setting amount Oof oxygen occlusion2SUM at the time to upper-limit O2SUMmax noting that amount Oof oxygen occlusion2SUM has reached the upper limit, when Step 200 is affirmed. Moreover, about the flag which shows the state of the downstream exhaust air air-fuel ratio of the exhaust air purification catalyst 19, the RIN flag Xlean is set to ON and the rich flag Xrich is set to OFF (Step 210).

[0061] When Step 200 is denied, the output voltage VO2 of the downstream air-fuel ratio sensor 25 judges whether it is over the rich side \*\* value Vrich (specifically [ here ] 0.7 V) defined beforehand (Step 220). The exhaust air purification catalyst 19 does not carry out occlusion of the oxygen, but it is considered to be in the state which cannot emit oxygen any more that output voltage VO2 is over the rich side \*\* value Vrich. For this reason, it memorizes to ECU by setting amount Oof oxygen occlusion2SUM at the time to lower limit O2SUMmin noting that amount Oof oxygen occlusion2SUM has reached the minimum, when Step 220 is affirmed. Moreover, about the flag which shows the state of the downstream exhaust air air-fuel ratio of the exhaust air purification catalyst 19, the RIN flag Xlean is set to OFF and the rich flag Xrich is set to ON (Step 230).

[0062] when Step 220 is denied, the output voltage VO2 of the downstream air-fuel ratio sensor 25 is between the RIN side \*\* value Vlean and the rich side \*\* value Vrich ( $Vlean \leq VO2 \leq Vrich$ ) -- it is -- it can be considered that the exhaust air air-fuel ratio of the appearance gas from the exhaust air purification catalyst 19 is not rich, either, and is near the theoretical air fuel ratio also by RIN In this case, RIN flag Xlean and the rich flag Xrich are turned OFF (Step 240).

[0063] As mentioned above, the history of amount Oof oxygen occlusion2SUM is updated serially, and upper-limit O2SUMmax and lower limit O2SUMmin are updated from this history and the output of the downstream air-fuel ratio sensor 25. For this reason, if the difference ( $O2SUMmax - O2SUMmin$ ) of upper-limit O2SUMmax and lower limit O2SUMmin is taken, the maximum amount of oxygen (the amount of maximum oxygen occlusion) in which the exhaust air purification catalyst 19 can carry out occlusion can be obtained. And although the amount of maximum oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 ( $O2SUMmax - O2SUMmin$ ) is changed depending on the temperature of the exhaust air purification catalyst 19 etc., since upper-limit O2SUMmax and lower limit O2SUMmin are always updated, it is maintained by the always optimal value.

[0064] Subsequently, the fundamental control which sets up desired value O2SUMref of amount Oof oxygen occlusion2SUM from upper-limit O2SUMmax mentioned above and lower limit O2SUMmin is explained. Moreover, the control which computes the correction factor KAF used for fuel-injection control from this desired value O2SUMref is also explained. The flow chart which shows this control is shown in drawing 5.

[0065] first, the \*\* value to which the inhalation air content Ga detected by the air flow meter 13 was

set beforehand -- the \*\* value to which it is less than [ G1 ] and the engine speed NE detected by the crank position sensor 14 was set beforehand -- it judges whether it is less than [ N1 ] (Step 300). When Step 300 is affirmed, it can be judged that the engine 1 is operated in the light load field of feedback control within the limits of fuel oil consumption based on amount Oof oxygen occlusion2SUM of the exhaust air purification catalyst 19. In this case, desired value O2SUMref of amount Oof oxygen occlusion2SUM is set as the average ( $O2\text{SUMmax}+O2\text{SUMmin})/2$  with upper-limit O2SUMmax and lower limit O2SUMmin (Step 310).

[0066] These operations are performed in ECU18. Thus, it will aim at the state where it can respond to all with the case where the case where can make almost equal the oxygen occlusion margin and oxygen discharge margin of the exhaust air purification catalyst 19, and occlusion of the oxygen is carried out, and oxygen are made to emit, equally, by setting up desired value O2SUMref.

[0067] On the other hand, when Step 300 is denied, it can be judged that the engine 1 is operated in the heavy load field of feedback control within the limits of fuel oil consumption based on amount Oof oxygen occlusion2SUM of the exhaust air purification catalyst 19. In this case, desired value O2SUMref of amount Oof oxygen occlusion2SUM is set as the value of lower limit O2SUMmin approach rather than the average ( $O2\text{SUMmax}+O2\text{SUMmin})/2$  mentioned above (Step 320). Here, desired value O2SUMref is calculated as ( $O2\text{SUMmax} \times 0.4 + O2\text{SUMmin} \times 0.6$ ). Thus, in the state of the heavy load approach in a feedback field, the reason for setting desired value O2SUMref as lower limit O2SUMmin approach is based on the reason explained below.

[0068] When an engine 1 is operated in such a heavy load field, it increases more than the case where the amount of the nitrogen oxide NOx in exhaust gas is operated in a low load field. If the exhaust air purification catalyst 19 will be in the state where occlusion of the oxygen has been carried out and the occlusion of the oxygen cannot be carried out any more, it will become that it is hard to make nitrogen oxide NOx return, and it will become impossible for this reason, to fully purify nitrogen oxide NOx according to the exhaust air purification catalyst 19. For this reason, more oxygen occlusion margins of the exhaust air purification catalyst 19 are taken, namely, desired value O2SUMref is set as lower limit O2SUMmin approach, and it prevents that it will be in the state where the exhaust air purification catalyst 19 has carried out occlusion of the oxygen, and cannot carry out occlusion of the oxygen any more, and is made to purify nitrogen oxide NOx certainly in the field of heavy load approach.

[0069] If desired value O2SUMref is set up in Step 310 or Step 320, amount of gaps O2SUMer of amount Oof oxygen occlusion2SUM and desired value O2SUMref in the time will be computed (Step 330). Subsequently, based on this amount of gaps O2SUMer, it asks for the correction factor KAF used for fuel-injection control from the map memorized in RAM18 (Step 340). this correction factor KAF -- using -- fuel oil consumption -- an amendment -- feedback control is carried out by things so that amount Oof oxygen occlusion2SUM of the exhaust air purification catalyst 19 may serve as desired value O2SUMref

[0070] The fuel oil consumption (or valve-opening time of the injector 5 for fuel injection) TAU actually injected by the injector 5 is determined by the following formulas in ECU18.

$TAU = TAUP \times KAF \times \alpha + \beta$  -- here, TAUP is basic fuel oil consumption calculated from the inhalation air content Ga and an engine speed NE the correction factor KAF and the other various correction factors alpha and beta about the feedback control of amount Oof oxygen occlusion2SUM which mentioned above this basic fuel oil consumption TAUP -- an amendment -- the final fuel oil consumption TAU is determined by things As an example of the correction factors alpha and beta mentioned above, the air-fuel ratio feedback coefficient FAF is known well.

[0071] The inhalation air-fuel ratio of an engine 1 is controlled by controlling this fuel oil consumption TAU. The detailed explanation about various correction factors alpha and beta other than the correction factor KAF mentioned above is omitted. thus, the correction factor KAF -- using -- fuel oil consumption -- an amendment -- feedback control is performed by things so that amount Oof oxygen occlusion2SUM of the exhaust air purification catalyst 19 may serve as desired value O2SUMref

[0072] Here, since the history of amount Oof oxygen occlusion2SUM is updated to criteria ( $O2\text{SUM}=0$ ), amount Oof oxygen occlusion2SUM can take a positive value and a negative value for amount Oof oxygen occlusion2SUM in a certain time to these criteria. When amount Oof oxygen

occlusion2SUM is made to update by the positive side and the negative side and desired value O2SUMref is set up near the average of the upper-limit O2SUMmax and lower limit O2SUMmin, since this desired value O2SUMref will be set up near the criteria (O2SUM=0) and is not changed sharply, it is desirable on control.

[0073] Moreover, it is also possible to also perform the degradation judging of the exhaust air purification catalyst 19 using upper-limit O2SUMmax and lower limit O2SUMmin which were mentioned above. The amount of maximum oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 (O2 SUMmax-O2SUMmin) decreases by degradation. Moreover, the amount of maximum oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 in a certain time (O2 SUMmax-O2SUMmin) increases, so that the temperature is high. For this reason, as shown in drawing 6, a map is created, the amount of maximum oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 under a certain temperature (O2 SUMmax-O2SUMmin) is computed, and it plots in drawing 6. It can judge with degradation under the condition that the amount of maximum oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 (O2 SUMmax-O2SUMmin) will fall, if it seems that it can judge with the exhaust air purification catalyst 19 having not deteriorated yet if plotted in a "normal" field, and is plotted in the field of "degradation."

[0074] In addition, ECU18, the upstream air-fuel ratio sensor 25, etc. function as an amount presumption means of maximum oxygen occlusion to presume the amount of maximum oxygen occlusion (O2 SUMmax-O2SUMmin) while functioning as an amount presumption means of oxygen occlusion to presume amount Oof oxygen occlusion2SUM. Moreover, the upstream air-fuel ratio sensor 25 functions as an upstream air-fuel ratio detection means, and the downstream air-fuel ratio sensor 26 functions as a downstream air-fuel ratio detection means. Furthermore, ECU18 functions also as an air-fuel ratio desired value setting means to set up the desired value of a control air-fuel ratio.

[0075] Hereafter, invention according to claim 1 to 26 is explained, respectively.

[0076] First, a claim 1 and invention according to claim 2 are explained.

[0077] With a fuel behavior model, invention according to claim 1 predicts the fuel quantity predicted to actually contribute to combustion, and presumes the amount of oxygen occlusion correctly based on this. Moreover, invention according to claim 2 presumes the amount of oxygen occlusion to accuracy further in consideration of the response delay of an upstream exhaust air air-fuel ratio detection means to detect the upstream exhaust air air-fuel ratio of an exhaust air purification catalyst in addition to this.

[0078] The outline of control by the control unit is explained with reference to the graph of drawing 7 - drawing 9. As shown in drawing 7, the air-fuel ratio within a cylinder 3 is predicted from the various quantity of states of an engine 1 (air-fuel ratio forecast \*\*). An air-fuel ratio is the ratio of the air of a gaseous mixture and fuel which are contributed to combustion. An air content is detectable as an inhalation air content with an air flow meter 13 (there is also technique detected from inlet-pipe negative pressure). On the other hand, about fuel quantity, as mentioned above, all the fuel injected with the injector 5 does not contribute to combustion as it is.

[0079] The fuel quantity (combustion fuel quantity) which is supplied in a cylinder 3 and actually contributes to combustion from the fuel quantity injected with the injector 5 in consideration of the fuel quantity which exfoliates among the fuel which had already adhered to the fuel quantity adhering to a cylinder 3 or a suction-port wall, the cylinder 3, or the suction-port wall is computed. Air-fuel ratio forecast \*\* is computed from this inhalation air content and combustion fuel quantity. Here, what modeled the behavior of fuel, such as adhesion fuel to the inside of the inhalation-of-air path 4 of fuel and ablation fuel from the inside of the inhalation-of-air path 4, is called fuel behavior model. [0080] which can predict the fuel quantity (combustion fuel quantity) which actually contributes to combustion from such a fuel behavior model as mentioned above Subsequently, as shown in drawing 8, the output value considered that the upstream air-fuel ratio sensor 25 outputs from air-fuel ratio forecast \*\* is predicted (output forecast \*\*). About the property of the upstream air-fuel ratio sensor 25, it is possible to grasp what thing it is in advance. Then, output forecast \*\* will predict what detection result the upstream air-fuel ratio sensor 25 outputs, if the property of the upstream air-fuel ratio sensor 25 mentioned above is taken into consideration when it is predicted that combustion is performed by air-fuel ratio forecast \*\*.

[0081] There is for example, a response delay property as a property of the upstream air-fuel ratio sensor 25. If the upstream air-fuel ratio sensor 25 is a sensor at all, there is a limitation in the responsibility. Although an error arises in the output of a sensor with such a property, such a property can be beforehand grasped as a property peculiar to a sensor. By taking this error into consideration, it is also possible to acquire the value which does not include an error from an actual sensor output value.

[0082] However, in consideration of an error conversely peculiar to such a sensor, the output value (output forecast \*\*) considered that a sensor will actually output is predicted from the value (air-fuel ratio forecast \*\*) which does not include the predicted error here. Here, if the difference of air-fuel ratio forecast \*\* and output forecast \*\* is taken as shown in drawing 9, detection error component \*\* can be found. In addition, although air-fuel ratio forecast \*\* is RIN approach from output forecast \*\* when shown in drawing 7 - drawing 6, air-fuel ratio forecast \*\* may become rich approach from output forecast \*\*. Namely, also in a negative case, detection error component \*\* is, if it is also in a positive case.

[0083] On the other hand, as shown in drawing 10, in parallel to calculation of air-fuel ratio forecast \*\* mentioned above, output forecast \*\*, and detection error component \*\*, exhaust air air-fuel ratio \*\* of the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19 by the upstream air-fuel ratio sensor 25 is also detected. Exhaust air air-fuel ratio \*\* detected includes the detection error of the upstream air-fuel ratio sensor 25. Then, as shown in drawing 11, amendment air-fuel ratio \*\* which amended a part for an error can be obtained by adding detection error component \*\* to this detected exhaust air air-fuel ratio \*\*. In addition, when exhaust air air-fuel ratio \*\* to detection error component \*\* will be subtracted in fact since detection error component \*\* is not only in a positive case but a negative case as mentioned above, it is.

[0084] It can be considered that this amendment air-fuel ratio \*\* is the true air-fuel ratio which amended a part for the detection error of the upstream air-fuel ratio sensor 25. According to this amendment air-fuel ratio \*\*, generation of the nitrogen oxide NOx in an exhaust gas, a carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC can be reduced more by performing air-fuel ratio feedback control. Moreover, when performing purification of the nitrogen oxide NOx in an exhaust gas, a carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC using an oxygen occlusion operation of the exhaust air purification catalyst 19 mentioned above, by using this amendment air-fuel ratio \*\*, the amount of oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 can be computed correctly, and the nitrogen oxide NOx, the carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC in an exhaust gas can be purified more effectively.

[0085] In addition, air-fuel ratio forecast \*\* and amendment air-fuel ratio \*\* may not be in agreement. While air-fuel ratio forecast \*\* is the air-fuel ratio of the gaseous mixture in a cylinder 3, amendment air-fuel ratio \*\* depends this on that it is the air-fuel ratio of the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19, the detection error of an inhalation air content, etc. However, since it applies after asking for detection error component \*\* as an amount as difference of air-fuel ratio forecast \*\* and output forecast \*\*, it does not pose a problem that there is a difference in air-fuel ratio forecast \*\* and amendment air-fuel ratio \*\* in this way here.

[0086] In the control mentioned above, although it may be applied to exhaust air air-fuel ratio \*\* after the whole covering the range of time a-b (refer to drawing 9) is computed, you may apply detection error component \*\* to exhaust air air-fuel ratio \*\* sequentially from a part to have been computed from Time a. That is, in the case of this latter, in time a-b, it is processed in [ calculation of detection error component \*\* and application to exhaust air air-fuel ratio / of computed detection error component \*\* / \*\* ] parallel.

[0087] Moreover, while air-fuel ratio forecast \*\*, output forecast \*\*, and detection error component \*\* are predicted paying attention to combustion in a cylinder 3, exhaust air air-fuel ratio \*\* and amendment air-fuel ratio \*\* are related with the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19. For this reason, time lag until exhaust gas moves to the exhaust air purification catalyst 19 from a cylinder 3 may be reflected between air-fuel ratio forecast \*\* and amendment air-fuel ratio \*\*.

[0088] Next, the control mentioned above is explained based on the flow chart shown in drawing 12.

[0089] In addition, the meaning of each sign is as being shown below during the following explanation.

Abyfbe : air-fuel ratio forecast \*\* (combustion air-fuel ratio within a cylinder 3)

Abyfre : output forecast \*\* (sensor output forecast based on \*\*)

Abyferr: Detection error component \*\* (detection error forecast of a sensor)

Abyf : exhaust air air-fuel ratio \*\* (sensor output value in a catalyst upstream)

Abyfr : amendment air-fuel ratio \*\* (after [ amendment ] air-fuel ratio in a catalyst upstream)

Etemp : engine temperature (cylinder port wall temperature)

KL : Air-fuel ratio sensor response time constant : load factor (%) Fcr : Combustion fuel quantity

Fw : Adhesion fuel quantity P : Residual percentage Fi of adhesion fuel : Injection fuel quantity R :

Deposit efficiency Gn of injection fuel : Inhalation air content Ga (g/rev) [0090] : Inhalation air

content Taf (g/sec) First, the upstream air-fuel ratio sensor 25 detects the air-fuel ratio Abyf of the

exhaust gas of the upstream of the exhaust air purification catalyst 19, i.e., an exhaust air air-fuel

ratio, (\*\*), and it once saves at RAM in ECU18 etc. [Step 10]. Next, in order to compute the

combustion fuel quantity Fcr, it asks for the parameters P and R based on the fuel behavior model

mentioned above [Step 20]. With this operation gestalt, the fuel adhesion mentioned above as a fuel

behavior model and ablation of adhesion fuel are taken into consideration. In addition, as a fuel

behavior model at the time of predicting combustion fuel quantity, the behavior of fuel other than

adhesion / ablation fuel may be considered.

[0091] The above-mentioned parameters P and R show whether Parameter P adheres as it is about adhesion / ablation fuel, without what rate of the fuel of the fuel which has already adhered exfoliating. That is, Parameter P is the residual percentage of adhesion fuel, and shows the rate which exfoliates among the fuel to which (1-P) has already adhered, and contributes to combustion. On the other hand, Parameter R shows what rate of the fuel of the fuel injected by the injector 5 adheres to the wall of a cylinder 3 or a suction port. That is, Parameter R is the deposit efficiency of injection fuel, and shows the rate which contributes to combustion, without (1-R) adhering to the wall of a cylinder 3 or a suction port.

[0092] These parameters P and R are called for from the engine temperature Etemp and a load factor KL. The engine temperature Etemp is used as temperature representing the temperature of the wall of a cylinder 3 or a suction port. Fuel coating weight and the amount of fuel ablation are because it is greatly dependent on the temperature of the wall of a cylinder 3 or a suction port. The engine temperature Etemp is judged from the detection result of a coolant temperature sensor 17 here. Moreover, the load factor KL is judged from the ratio of an inhalation air content and the maximum inhalation air content. ECU18 has the map about these parameters P and R, and determines Parameters P and R according to a map based on the detected engine temperature Etemp and a load factor KL.

[0093] Next, the combustion fuel quantity Fcr which actually contributes to the combustion in a cylinder 3 is computed by ECU18 using the computed parameters P and R [Step 30]. In addition, at the time of calculation, a formula [ $Fcr = (1-P) \text{ and } Fw + (1-R) Fi$ ] is used. Here, the adhesion fuel quantity Fw is obtained by integrating using the fuel oil consumption Fi and Parameter R (deposit efficiency) before it. Moreover, since ECU18 is controlling the injector 5, ECU18 the very thing grasps fuel oil consumption Fi.

[0094] Next, the air-fuel ratio forecast Abyfbe of the gaseous mixture which burns within a cylinder 3 (\*\*) is computed by ECU18 from the computed combustion fuel quantity Fcr and the inhalation air content detected by the air flow meter 13 [Step 40]. The inhalation air content Gn used here is an air content per combustion. In addition, a formula [ $Abyfbe = Gn/Fcr$ ] is used at the time of calculation. It means predicting the air-fuel ratio of the gaseous mixture which actually burns within a cylinder 3 as an air-fuel ratio forecast Abyfbe (\*\*) by this.

[0095] Next, the response time constant Taf of the upstream air-fuel ratio sensor 25 is computed by ECU18 [Step 50]. This response time constant Taf is calculated from an inhalation air content.

Although an engine inhalation air content is detected by the air flow meter 13, the inhalation air content Ga used here is an amount of per unit time (second) (a unit is g/sec). ECU18 has the map about the response time constant Taf, and determines the response time constant Taf according to a map based on the detected inhalation air content Ga.

[0096] Next, the output forecast Abyfre of the upstream air-fuel ratio sensor 25 (\*\*) is computed by ECU18 using the response time constant Taf mentioned above [Step 60]. In addition, in this operation gestalt, the error characteristics by response delay are taken into consideration as a property of the upstream air-fuel ratio sensor 25. For this reason, an output including response delay when the upstream air-fuel ratio sensor 25 detects the air-fuel ratio forecast Abyfbe (\*\*) is predicted by using such a response time constant Taf. At the time of calculation, a formula [Abyfre(this time value) = Abyfre(last value) + [Abyfbe-Abyfre (this time value)]/Taf] is used.

[0097] Next, the detection error component Abyferr of the upstream air-fuel ratio sensor 25 (\*\*) is computed from the air-fuel ratio forecast Abyfbe (\*\*) and the output forecast Abyfre (\*\*) which were mentioned above [Step 70]. As mentioned above, since the detection error characteristics by response delay are taken into consideration as a property of the upstream air-fuel ratio sensor 25, in this operation gestalt, the detection error component Abyferr in this operation gestalt (\*\*) can also be called response delay component. A formula [Abyferr=Abyfbe-Abyfre] is used at the time of calculation.

[0098] Next, the exhaust air air-fuel ratio Abyf (\*\*) detected by the upstream air-fuel ratio sensor 25 is amended using the detection error component Abyferr (\*\*), and the amendment air-fuel ratio Abyfr (\*\*) is computed [Step 80]. The error by the response delay mentioned above is included in the exhaust air air-fuel ratio Abyf (\*\*) detected by the upstream air-fuel ratio sensor 25, and it can be considered that a part for this error is that for which it asked as a detection error component Abyferr (\*\*). Then, the amendment air-fuel ratio Abyfr (\*\*) is computed using a formula [Abyfr=Abyf+Abyferr] from the detection error component Abyferr (\*\*) and the exhaust air air-fuel ratio Abyf (\*\*). The air-fuel ratio which does not include the error about the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19 by this can be obtained as an amendment air-fuel ratio Abyfr (\*\*) .

[0099] The nitrogen oxide NOx, the carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC in an exhaust gas can be suppressed using the amendment air-fuel ratio Abyfr (\*\*) by which a part for this error was amended by performing control based on air-fuel ratios, such as air-fuel ratio feedback control, to an engine 1. And further, based on this computed amendment air-fuel ratio Abyfr (\*\*), the exhaust air purification catalyst 19 can calculate occlusion and the amount of oxygen to emit (\*\*\*\*), and the amount of oxygen occlusion in which the exhaust air purification catalyst 19 is carrying out occlusion can be correctly grasped by what (that is, the history of oxygen \*\*\*\*\* is used) this oxygen \*\*\*\*\* is integrated for [Step 90]. By this, it becomes possible to utilize an oxygen occlusion operation more effectively, and the nitrogen oxide NOx, the carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC in exhaust gas can be purified more effectively.

[0100] As mentioned above, the more exact air-fuel ratio at the time of combustion is predicted as an air-fuel ratio forecast Abyfbe (\*\*), and it predicts what when combustion with the air-fuel ratio forecast Abyfbe (\*\*) is actually performed, the output of the upstream air-fuel ratio sensor 25 consists of this air-fuel ratio forecast Abyfbe (\*\*) and a property (properties, such as response delay) of the upstream air-fuel ratio sensor 25 as an output forecast Abyfre (\*\*) here. Furthermore, since the difference of the air-fuel ratio forecast Abyfbe (\*\*) and the output forecast Abyfre (\*\*) is acquired as a detection error component Abyferr (\*\*), the amendment air-fuel ratio Abyfr (\*\*) is computed by adding this to the exhaust air air-fuel ratio Abyf (\*\*) which is the actual output of the upstream air-fuel ratio sensor 25.

[0101] By this, accuracy obtains more the air-fuel ratio of the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19 as an amendment air-fuel ratio Abyfr (\*\*), and more rapid response control is attained. That is, it is possible to perform control which was excellent in responsibility according to [ unlike the amendment case ] this operation form for response delay based on the change condition of the output of the upstream air-fuel ratio sensor 25.

[0102] Moreover, when ECU18 compares the output forecast Abyfre (\*\*) with the exhaust air air-fuel ratio Abyf (\*\*), study about the property of the upstream air-fuel ratio sensor 25 is performed here. Although the property of the besides style side air-fuel ratio sensor 25 needs to be used at the time of calculation of the output forecast Abyfre (\*\*), and to take adjustment beforehand, it also changes minutely in many years past. Moreover, an affix adheres to the upstream air-fuel ratio sensor 25 temporarily, and the property may change. Then, in order to maintain adjustment also to

change of such a property, study mentioned above is performed. The property of the upstream air-fuel ratio sensor 25 can always maintain exact adjustment, and can control an engine 1 with a sufficient precision by this.

[0103] Furthermore, degradation of the upstream air-fuel ratio sensor 25 is judged here using the study value acquired as a result of learning about the property of the upstream air-fuel ratio sensor 25. The relation between the output predicted and an actual output is reflected in the study value about the property of the upstream air-fuel ratio sensor 25. If the upstream air-fuel ratio sensor 25 deteriorates, the degradation state will be reflected in a study value. That is, the degradation state of the upstream air-fuel ratio sensor 25 can be judged from a study value.

[0104] In addition, in order to take into consideration the response delay of the air-fuel ratio sensors 25 and 26 (especially upstream air-fuel ratio sensor 25), the amount of oxygen occlusion was presumed here using a fuel behavior model and the air-fuel ratio sensors 25 and 26. However, invention according to claim 1 is included when presuming the amount of oxygen occlusion without using a means to actually detect such an air-fuel ratio. In this case, it is possible to presume the amount of oxygen occlusion from the exhaust air air-fuel ratio predicted based on a fuel behavior model. For example, an exhaust air air-fuel ratio can be predicted only from various quantity of states, such as cooling water temperature, an exhaust gas temperature, inhalation sky atmospheric temperature, an inhalation air content, and fuel oil consumption, and the amount of oxygen occlusion can be presumed based on this.

[0105] Next, invention concerning a claim 3 and a claim 4 is explained.

[0106] Invention according to claim 3 presumes the amount of oxygen occlusion to accuracy further by taking into consideration the passage quantity of gas flow which passes the exhaust air purification catalyst using oxygen occlusion capacity. Invention according to claim 4 presumes the amount of oxygen occlusion to accuracy further by taking into consideration the change width of face from the theoretical air fuel ratio (SUTOIKI) of the air-fuel ratio of an internal combustion engine.

[0107] As mentioned above, when the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19 is RIN, the exhaust air purification catalyst 19 carries out occlusion of the oxygen, and returns the nitrogen oxide NOx in exhaust gas. On the other hand, when the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19 is rich, the exhaust air purification catalyst 19 emits oxygen, and oxidizes the carbon monoxide CO and Hydrocarbon HC in exhaust gas. These reactions are performed while exhaust gas passes the exhaust air purification catalyst 19.

[0108] Here, exhaust gas may pass through the inside of the exhaust air purification catalyst 19, before passage speed's becoming quick and fully using the oxygen in exhaust gas for a purification reaction, if there are many passage quantities of gas flow which pass the exhaust air purification catalyst 19. If there are many passage quantities of gas flow which pass the exhaust air purification catalyst 19 contrary to this, although passage speed becomes quick and there is still oxygen for purifying exhaust gas in the exhaust air purification catalyst 19 (it is hard for the oxygen by which occlusion is carried out to the corner of the exhaust air purification catalyst 19 to contribute to a purification reaction), non-purified exhaust gas may pass the exhaust air purification catalyst 19. Hereafter, these phenomena are expressed as the "blow by."

[0109] Moreover, exhaust gas fully differs from the purification reaction rate and the rate of purification in a state with the exhaust gas near SUTOIKI with the purification reaction rate and the rate of purification in RIN or a rich state. For this reason, when it cannot purify although it may fully be purified if exhaust gas passes the exhaust air purification catalyst 19 or exhaust air air-fuel ratios differ before fully completing a reaction depending on an exhaust air air-fuel ratio, it may generate. Hereafter, this phenomenon is also expressed as the "blow by."

[0110] Since an error may arise in oxygen \*\*\*\*\* O2AD when the blow by occurs, amount Oof oxygen occlusion2SUM is not presumed correctly. Then, it faces computing amount Oof oxygen occlusion2SUM by which occlusion is carried out to the exhaust air purification catalyst 19 using oxygen \*\*\*\*\* O2AD, and the passage quantity of gas flow Gb and air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf which pass the exhaust air purification catalyst 19 are taken into consideration. It faces specifically computing oxygen \*\*\*\*\* O2AD, the passage quantity of gas flow Gb in the exhaust air purification catalyst 19 is detected, and amendment \*\*\* kg according to this passage

quantity of gas flow Gb is searched from the map in ECU18.

[0111] Here, the passage quantity of gas flow Gb is detected from the inhalation air content Ga detected by the air flow meter 13, and the opening of the throttle valve 9 detected by the throttle position sensor 10. In addition, you may arrange the flowmeter of the exclusive use for detecting the passage quantity of gas flow Gb in the upstream of the exhaust air purification catalyst 19. Moreover, the upstream air-fuel ratio sensor 25 detects the exhaust air air-fuel ratio Abyf of the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19, and air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf (=Abyfst-Abyf) is calculated from the difference of theoretical air fuel ratio Abyfst and the exhaust air air-fuel ratio Abyf. And the correction factor Ka according to this air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf is searched from the map in ECU18.

[0112] The map in which a relation (the passage quantity of gas flow Gb and amendment \*\*\*\* kg) is shown is shown in drawing 13 . Moreover, the map in which the relation between air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf and a correction factor Ka is shown is shown in drawing 14 . And oxygen \*\*\*\*\* O2AD is amended in the following formula.

$O2AD(\text{correction value}) <-O2AD(\text{calculation value}) \times Kg \times Ka$  -- what is necessary is just to perform this amendment immediately after Step 100 of the flow chart shown in drawing 3 Detection of the exhaust air air-fuel ratio Abyf for computing the passage quantity of gas flow Gb and air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf is incorporated from each sensor just before an amendment.

[0113] Thus, by using amended oxygen \*\*\*\*\* O2AD, more exact amount Oof oxygen occlusion2SUM can be presumed. Moreover, as shown in drawing 13 or drawing 14 , the temperature of the exhaust air purification catalyst 19 may also be further taken into consideration, and may amend more exact oxygen \*\*\*\*\* O2AD. If it does in this way, based on exact oxygen \*\*\*\*\* O2AD, amount Oof oxygen occlusion2SUM can be presumed correctly. Furthermore, since amount Oof oxygen occlusion2SUM is presumed correctly, there is also the side in which it becomes the amount of maximum oxygen occlusion (O2 SUMmax-O2SUMmin) nearby accuracy presumed from now on.

[0114] Next, invention concerning a claim 5 and a claim 6 is explained.

[0115] Invention according to claim 5 presumes the amount of maximum oxygen occlusion to accuracy further by taking into consideration the passage quantity of gas flow which passes the exhaust air purification catalyst using oxygen occlusion capacity. Invention according to claim 6 presumes the amount of maximum oxygen occlusion to accuracy further by taking into consideration the change width of face from the theoretical air fuel ratio (SUTOIKI) of the air-fuel ratio of an internal combustion engine.

[0116] Although the claim 3 mentioned above and invention according to claim 4 related to presumption of amount Oof oxygen occlusion2SUM, a claim 5 and invention according to claim 6 relate to presumption of the amount of maximum oxygen occlusion (O2 SUMmax-O2SUMmin). Since the rate of flow will become early if there are many passage quantities of gas flow as mentioned above, it is hard to contribute the oxygen by which occlusion is carried out to the corner of the exhaust air purification catalyst 19 to the purification reaction of nitrogen oxide NOx, a carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC (it is hard to be emitted). Moreover, since the rate of flow will become early if there are many passage quantities of gas flow, the occlusion of the oxygen in exhaust gas is hard to be carried out to the corner of the exhaust air purification catalyst 19. That is, the amount of maximum oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 (O2 SUMmax-O2SUMmin) may change with passage capacity.

[0117] Furthermore, since a purification reaction rate and the rate of purification will change as mentioned above if the exhaust air air-fuel ratios of exhaust gas differ, it can be said that the amount of maximum oxygen occlusion of the exhaust air purification catalyst 19 (O2 SUMmax-O2SUMmin) changes also with the air-fuel ratio change width of face of an engine 1. A claim 5 and invention according to claim 6 tend to obtain the more exact amount of maximum oxygen occlusion (O2 SUMmax-O2SUMmin) for the amount of maximum oxygen occlusion (O2 SUMmax-O2SUMmin) amendment and by presuming according to the passage capacity of exhaust gas, or the air-fuel ratio change width of face of an engine 1.

[0118] It has the side said that a claim 3 and invention according to claim 4 consider as the result which presumes amount Oof oxygen occlusion2SUM with a sufficient precision, and its presumed

precision of the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \text{ SUMmax}-O_2\text{SUMmin}$ ) improves. on the other hand, a claim 5 and invention according to claim 6 -- the passage capacity of exhaust gas, and the air-fuel ratio change width of face of an internal combustion engine -- responding -- the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \text{ SUMmax}-O_2\text{SUMmin}$ ) -- a direct amendment -- presumed precision is raised by things It is also possible by both being able to carry out simultaneously and carrying out simultaneously to raise presumed precision further.

[0119] here -- the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \text{ SUMmax}-O_2\text{SUMmin}$ ) -- an amendment -- facing -- one side or the both sides of upper-limit  $O_2\text{SUMmax}$  and lower limit  $O_2\text{SUMmin}$  of amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  -- an amendment -- things perform And the amendment is performed using a correction factor like the claim 3 mentioned above and invention according to claim 4. And the object for amendment of upper-limit  $O_2\text{SUMmax}$  and the object for amendment of lower limit  $O_2\text{SUMmin}$  are prepared separately, and these correction factors are stored in ECU18. The object for upper-limit  $O_2\text{SUMmax}$  amendment and the object for lower limit  $O_2\text{SUMmin}$  amendment are separately prepared for a correction factor for changing the effect of amendment by the blow-by phenomenon by the side of oxygen occlusion, and the blow-by phenomenon by the side of oxygen discharge (for example, a reaction rate being quicker an oxygen occlusion side), and performing high amendment of precision more.

[0120] The map in which the map in which a relation (the passage quantity of gas flow Gb and amendment \*\*\*\* kg (max) for upper-limit  $O_2\text{SUMmax}$  amendment) is shown is shown in drawing 15 (a), and a relation (the passage quantity of gas flow Gb and amendment \*\*\*\* kg (min) for lower limit  $O_2\text{SUMmin}$  amendment) is shown is shown in drawing 15 (b). Moreover, the map in which the map in which the relation between air-fuel ratio change width-of-face  $\Delta Abyf$  and the correction factor Ka (max) for upper-limit  $O_2\text{SUMmax}$  amendment is shown is shown in drawing 16 (a), and a relation with the correction factor Ka (min) for lower limit  $O_2\text{SUMmin}$  amendment is shown is shown in drawing 16 (b). And in the following formula, one side or the both sides of upper-limit  $O_2\text{SUMmax}$  and lower limit  $O_2\text{SUMmin}$  is amended.

$O_2\text{SUMmax}(\text{correction value}) <- O_2\text{SUMmax}(\text{calculation value}) \times K_g(\text{max}) \times K_a(\text{max})$   
 $O_2\text{SUMmin}(\text{correction value}) <- O_2\text{SUMmin}(\text{calculation value}) \times K_g(\text{min}) \times K_a(\text{min})$  -- what is necessary is just to perform this amendment immediately after Step 210 of the flow chart shown in drawing 4 , or Step 230 Detection of the exhaust air air-fuel ratio  $Abyf$  for computing the passage quantity of gas flow Gb and air-fuel ratio change width-of-face  $\Delta Abyf$  is incorporated from each sensor just before an amendment. Thus, by using amended upper-limit  $O_2\text{SUMmax}$  and lower limit  $O_2\text{SUMmin}$ , the more exact amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \text{ SUMmax}-O_2\text{SUMmin}$ ) can be presumed.

[0121] Next, invention according to claim 7 to 9 is explained.

[0122] From the combustion model of an internal combustion engine, invention according to claim 7 predicts exhaust gas composition, and presumes amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  based on the exhaust gas composition which predicted. Although the example mentioned above presumed amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  based on the output of the upstream air-fuel ratio sensor 25, it tends to presume amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  here, without actually detecting an exhaust air air-fuel ratio. thus, the thing for which amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  is presumed based on a combustion model, without being based on an exhaust air air-fuel ratio -- the susceptibility property difference of the air-fuel ratio sensors 25 and 26, and fuel -- a character -- the influence of the error produced in presumption of amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  according to a difference etc. is avoidable

[0123] however, amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  presumed without detecting a combustion model and an exhaust air air-fuel ratio -- the output of the upstream air-fuel ratio sensor 25 or the downstream air-fuel ratio sensor 26 -- using -- an amendment -- it is also possible to presume amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  with a more sufficient precision by things Moreover, the NOx sensor which detects HC sensor which detects the hydrocarbon in exhaust gas (HC), and nitrogen oxide (NOx) may be arranged in the upstream of the exhaust air purification catalyst 19, and amount Oof oxygen occlusion $\Sigma\text{SUM}$  presumed without detecting a combustion model and an exhaust air air-fuel ratio may be amended using these outputs.

[0124] The technique of predicting composition of the exhaust gas which flows into the exhaust air

purification catalyst 19 based on a combustion model, and predicting amount Oof oxygen occlusion2SUM after this is described below. First, the parameter of a combustion model is incorporated from the control signal which various sensors and ECU18 send. as these parameters -- concrete -- the inhalation air content Ga, combustion fuel quantity, ignition timing, an exhaust air air-fuel ratio, the amount of EGR(s), inhalation-of-air turbulence intensity, combustion chamber temperature, and fuel -- there is a character etc. Here, the fuel quantity which actually contributes to combustion within a cylinder 3 with the fuel behavior model mentioned above is used for combustion fuel quantity. Moreover, what could use the actual exhaust air air-fuel ratio detected by the air-fuel ratio sensors 25 and 26 etc., and was presumed from the fuel behavior model is sufficient as an exhaust air air-fuel ratio. Furthermore, when the swirl control valve which controls the swirl of a cylinder 3 is arranged, the controlled variable of a swirl control valve etc. can be substituted for inhalation-of-air turbulence intensity.

[0125] Exhaust gas composition is presumed from these parameters, and the amount of the matter (amount Oof oxygen occlusion2SUM of a catalyst is affected) contributed to the oxidation-reduction reaction in the inside of exhaust gas is presumed. That is, in the exhaust air purification catalyst 19, although the reaction to the following formula (a) - a formula (d) is performed and oxidation reduction of the matter in exhaust gas is carried out, the amount (mol several m1- m4) of the matter contributed to an oxidation-reduction reaction from exhaust gas composition is presumed. Moreover, in the (a) formula, all the matter of left part does not react and only the part reacts according to various conditions. The conversion at this time is reflected as a reaction factor k1. Similarly, by the (b) formula, it is reflected as a reaction factor k4 by the reaction factor k3 and the (d) formula in the reaction factor k2 and the (c) formula.

[0126]

[Equation 1]

$$m1 \cdot \left[ CO + \frac{1}{2} O_2 \right] \rightarrow m1 \cdot \left[ k1 \cdot CO_2 + (1 - k1) \left( CO + \frac{1}{2} O_2 \right) \right] \quad \dots(a)$$

$$m2 \cdot \left[ H_2 + \frac{1}{2} O_2 \right] \rightarrow m2 \cdot \left[ k2 \cdot H_2O + (1 - k2) \left( H_2 + \frac{1}{2} O_2 \right) \right] \quad \dots(b)$$

$$\begin{aligned} m3 \cdot \left[ C_a H_b + \frac{4a+b}{4} O_2 \right] \rightarrow m3 \cdot & \left[ k3 \cdot \left( a \cdot CO_2 + \frac{b}{2} H_2O \right) \right. \\ & \left. + (1 - k3) \left( C_a H_b + \frac{4a+b}{4} O_2 \right) \right] \quad \dots(c) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m4 \cdot \left[ \frac{1}{c} NO_c \right] \rightarrow m4 \cdot & \left[ k5 \cdot \left( \frac{1}{2c} N_2 + \frac{1}{2} O_2 \right) \right. \\ & \left. + (1 - k5) \cdot \frac{1}{c} NO_c \right] \quad \dots(d) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} O2AD = & -m1 \cdot k1 \cdot \frac{1}{2} O_2 - m2 \cdot k2 \cdot \frac{1}{2} O_2 \\ & - m3 \cdot k3 \cdot \frac{4a+b}{4} O_2 + m4 \cdot k4 \cdot \frac{1}{2} O_2 \quad \dots(e) \end{aligned}$$

[0127] These reaction factors k1-k4 are set up in adjustable according to the passage quantity of gas flow Gb, the service condition of exhaust gas temperature and an engine 1, the state of the exhaust air purification catalyst 19, etc. (a) A formula - (c) formula is a reaction which oxidizes a carbon monoxide, hydrogen, and a hydrocarbon using the oxygen by which occlusion is carried out to the exhaust air purification catalyst 19. (d) A formula is a reaction to which a hydrocarbon is returned and occlusion of the oxygen generated by being returned is carried out to the exhaust air purification catalyst 19. That is, oxygen \*\*\*\*\* O2AD mentioned above can be calculated as shown in the (e) formula.

[0128] Since exhaust gas composition is searched for based on a combustion model, it becomes

possible to presume correctly amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> of the exhaust air purification catalyst 19 corresponding to various service conditions. What is necessary is just to perform presumption of oxygen \*\*\*\*\* O<sub>2</sub>AD mentioned above by replacing with Step 100 shown in drawing 3 . Based on this oxygen \*\*\*\*\* O<sub>2</sub>AD, amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> and the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) are presumed. if a combustion model is used as mentioned above, an air-fuel ratio sensor (especially upstream air-fuel ratio sensor 25) will not be arranged -- also coming out -- it is possible to obtain exhaust gas composition and an exhaust air air-fuel ratio however -- since it thinks when a combustion model includes an error -- fuel -- it is desirable to correct a combustion model according to a character or the operational status of an engine 1 Moreover, it cannot be overemphasized that the fuel behavior model mentioned above to prediction of a combustion model may be used.

[0129] Next, a claim 10 and invention according to claim 11 are explained.

[0130] the case where amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is presumed based on the exhaust gas composition predicted from the combustion model at the time of the explanation about invention according to claim 7 to 9 mentioned above -- the output of an air-fuel ratio sensor -- a combustion model -- an amendment -- things were explained On the other hand, a claim 10 and invention according to claim 11 are amendment things based on exhaust gas composition about the output of an air-fuel ratio sensor (especially downstream air-fuel ratio sensor 26). And a combustion model is used for prediction in exhaust gas composition.

[0131] Although the air-fuel ratio sensors 25 and 26 detect the oxygen density contained in exhaust gas, they can react also to components other than oxygen on the structure. For this reason, depending on exhaust gas composition, when the detection precision of an oxygen density (air-fuel ratio) is not good, it may generate. Then, in order to predict more exact amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub>, the output of the air-fuel ratio sensors 25 and 26 is amended from exhaust gas composition. In addition, as the exhaust gas composition acquisition methods other than the method of acquiring exhaust gas composition from the combustion model mentioned above, there is a method of acquiring exhaust gas composition based on the output of a nitrogen oxide (NOx) sensor or a hydrocarbon (HC) sensor etc.

[0132] For example, an exhaust air air-fuel ratio makes the output signal change [ output / ideal / of the air-fuel ratio sensor which detects an exhaust air air-fuel ratio in turning on and off ] suddenly by whether it is RIN or it is rich bordering on SUTOIKI. However, if there are much the nitrogen oxide (NOx) and hydrogen (H<sub>2</sub>) in exhaust gas as shown in drawing 17 , the air-fuel ratio sensor which the output shifts from an ideal state also exists. For this reason, exhaust gas composition is predicted or detected and the output of an air-fuel ratio sensor is amended based on this. Since the combustion model was already explained, detailed explanation here is omitted. What is necessary is to be concurrent with incorporating the output of the air-fuel ratio sensors 25 and 26, to also predict or detect exhaust gas composition, and just to amend immediately after detection of the exhaust air air-fuel ratio by the air-fuel ratio sensors 25 and 26. Moreover, it cannot be overemphasized that the fuel behavior model mentioned above to prediction of a combustion model may be used.

[0133] Next, a claim 12 - a claim 14 are explained.

[0134] Invention according to claim 12 compares the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 with computed amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub>, and judges whether presumed amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is unusual (is the presumed model of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> unusual or not?). Here, ECU18 functions also as an unusual judging means to judge. Moreover, when it judges that amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is unusual, amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is corrected here. Furthermore, correction of a presumed model is also made here noting that abnormalities are in a presumed model, when it judges that amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is unusual.

[0135] The map used for the unusual judging mentioned above in the graph shown in drawing 18 is shown. amount of oxygen occlusion O<sub>2</sub>SUM and the vertical axis with which the map shown in drawing 18 was computed by the horizontal axis -- the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 -- \*\* -- it is carried out about amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> on a map, a left is the minimum value side (side: which is emitting most oxygen -- an exhaust air air-fuel ratio -- a rich side), and the method of the right has become the maximum side (side: which is carrying out

occlusion of the oxygen even to about one cup -- the side whose exhaust air air-fuel ratio is RIN) On the other hand, the lower part is the RIN side and, as for the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 on a map, the upper part is on the rich side.

[0136] The map is divided into two or more fields. First, the case where the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is near SUTOIKI is explained (when it is in the range Y in the map shown in drawing 18). This range is a range from which the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 changes a lot on the output characteristics. Namely, in this range, when without error [ large ], as for the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26, for a certain reason, AFC is performed based on amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed.

[0137] The field of the fields L1-L4 within Range Y indicates that amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed has the rich downstream exhaust air air-fuel ratio of the exhaust air purification catalyst 19. In this case, control (RIN control) to which the exhaust air air-fuel ratio of exhaust air purification catalyst 19 lower stream of a river serves as RIN approach is performed that occlusion of the oxygen should be carried out to the exhaust air purification catalyst 19.

However, since the exhaust air air-fuel ratio of exhaust air purification catalyst 19 downstream is rich, when the field L4 is located to a field L4 rather than a field L1, RIN control stronger than the case where it is in a field L1 is performed. That is, the field division is carried out to perform stronger RIN control towards a field L4 from a field L1.

[0138] The field of the fields R1-R4 within Range Y indicates that amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed is [ the downstream exhaust air air-fuel ratio of the exhaust air purification catalyst 19 ] RIN. In this case, control (rich control) to which the exhaust air air-fuel ratio of exhaust air purification catalyst 19 lower stream of a river serves as rich approach is performed to make the oxygen by which occlusion is carried out to the exhaust air purification catalyst 19 emit. However, since the exhaust air air-fuel ratio of exhaust air purification catalyst 19 downstream is RIN, when the field R4 is located to a field R4 rather than a field R1, rich control stronger than the case where it is in a field R1 is performed. That is, the field division is carried out to perform stronger rich control towards a field R4 from a field R1.

[0139] In addition, when amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed is also the field S1 where the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is also shown that the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the exhaust air purification catalyst 19 is near SUTOIKI, RIN control and rich control are not performed, either, but AFC which maintains amount Oof oxygen occlusion2SUM of the exhaust air purification catalyst 19 is performed.

[0140] Next, the fields L1-L4 besides the range Y mentioned above are explained. In these fields, the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the exhaust air purification catalyst 19 indicates from SUTOIKI that it is rich, and shows amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed that the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is rich. At this time, the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is respected a little, and the field L1 mentioned above - the field L4 (RIN regulatory region) are set up.

[0141] Similarly, the fields R1-R4 besides the range Y mentioned above are explained. As for amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed, the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the exhaust air purification catalyst 19 indicates from SUTOIKI that it is RIN, and these fields are shown that the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is RIN. At this time, the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is respected a little, and the field R1 mentioned above - the field R4 (rich regulatory region) are set up.

[0142] Finally, the case where it is shown in a field X1 and a field X2 is explained. Although amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed indicates that the downstream exhaust air air-fuel ratio of the exhaust air purification catalyst 19 is RIN, it shows the field X1 that the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is rich. The field X2 is shown that the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is RIN in spite of indicating that amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed has the rich downstream exhaust air air-fuel ratio of the exhaust air purification catalyst 19.

[0143] That is, in a field X1 and a field X2, amount Oof oxygen occlusion2SUM and the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 which are computed have not agreed. In such a case, it judges that amount Oof oxygen occlusion2SUM is unusual. In this case, the output of the

downstream air-fuel ratio sensor 26 which has actually detected the exhaust air air-fuel ratio can be respected, and it is possible that amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> does not show the exact value for a certain reason. Then, the presumed history of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> till then is once deleted, and presumption of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is started newly. Or you may already correct a certain history of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub>.

[0144] Furthermore, simultaneously with new resumption of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub>, or correction, the presumed model of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is corrected. What is necessary is just to correct the value of theoretical air fuel ratio Abyfst used as the criteria at the time of computing this air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf, when correcting a presumed model (for example, as mentioned above when using air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf in process of presumption of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub>).

[0145] Next, invention according to claim 15 is explained.

[0146] Although amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> of the exhaust air purification catalyst 19 is controlled here and the rate of purification of exhaust gas is raised using the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) as mentioned above, if the presumed amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) is unusual, it will become difficult to purify exhaust gas. Moreover, when degradation detection cannot be correctly performed if the presumed amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) is unusual since degradation detection of the exhaust air purification catalyst 19 is also performed using the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin), it thinks. It judges with invention according to claim 15 having the presumed unusual amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin), when the presumed amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) exceeds a predetermined value.

[0147] In addition, it says that the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) is in the state where it cannot be presumed correctly that the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) is unusual. The sensor which detects the case where the presumed model of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> with which the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) serves as the foundation of the presumption as an unusual cause is unusual, and the various amount of information used for presumption of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> may be out of order. Moreover, the predetermined value mentioned above may be set up by the relation with other amount of information so that it may explain below.

[0148] The map used for it in case it judges (whether a system is unusual) to drawing 19 , no with the unusual amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) or is shown. This map is a 2-dimensional map which consists of the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin), and temperature of the exhaust air purification catalyst 19. And the greatest value which the amount of maximum oxygen occlusion in each degree of catalyst temperature in the state where the exhaust air purification catalyst 19 has not deteriorated (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) can take is shown by the solid line in a map. That is, since the value beyond this value cannot be taken, the range shown with the upper slash of this solid line is the field judged as the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) being unusual.

[0149] In addition, it is as having explained the catalyst de-activation shown in the map lower part in drawing 6 , and explanation here is omitted. What is necessary is just to perform the judgment with the unusual amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) at the time of renewal of the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) (at the time of renewal of upper-limit O<sub>2</sub>SUMmax or lower limit O<sub>2</sub>SUMmin) etc.

[0150] Next, invention according to claim 16 is explained.

[0151] Invention according to claim 16 detects the degradation degree of a catalyst based on the change inclination of output change of the downstream air-fuel ratio sensor 26.

[0152] The output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is shown in drawing 20 (a). Moreover, the exhaust air air-fuel ratio of exhaust air purification catalyst 19 upstream obtained from the output of the upstream air-fuel ratio sensor 25 by drawing 20 (b) is shown. In addition, keep in mind that the RIN-rich direction is [ drawing 20 (a) and drawing 20 (b) ] reverse. Moreover, although the horizontal axis of the graph shown in drawing 20 (a) and drawing 20 (b) is time, these both correspond in time.

[0153] since the exhaust air purification catalyst 19 is carrying out until [ full ] occlusion of the oxygen while the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is RIN as shown in drawing 20 (a), it is thought that oxygen is flowing on exhaust air purification catalyst 19 lower stream of a river. For this reason, it is made to be performed in purification of exhaust gas in the meantime by the exhaust air purification catalyst 19 by which the exhaust air air-fuel ratio of the close gas to the exhaust air purification catalyst 19's is made rich, and occlusion is carried out to the exhaust air purification catalyst 19.

[0154] After a while, since the oxygen by which occlusion was carried out to the exhaust air purification catalyst 19 is used up, the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 changes from RIN richly. Since the oxygen by which occlusion was carried out to the exhaust air purification catalyst 19 has been exhausted, it is thought that it is flowing on exhaust air purification catalyst 19 lower stream of a river, without the unburnt fuel in close gas oxidizing. If it becomes such, the exhaust air air-fuel ratio of the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 will be made into RIN that occlusion of the oxygen should be carried out to the exhaust air purification catalyst 19.

[0155] Then, since the exhaust air purification catalyst 19 is carrying out occlusion of the oxygen and oxygen is not contained in appearance gas from the exhaust air purification catalyst 19, the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 becomes rich. However, the oxygen which flows into a downstream, without the ability finishing carrying out occlusion increases gradually as the exhaust air purification catalyst 19 carries out occlusion of the oxygen at this time. Consequently, as shown in drawing 20 (a), the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 moves to a RIN side gradually. That is, change inclination occurs in the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26.

[0156] when the exhaust air purification catalyst 19 furthermore carries out occlusion of the until [ full ] oxygen after this, the downstream air-fuel ratio sensor 26 changes richly again, and the exhaust air air-fuel ratio of the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 is made again rich in connection with this. Here, the degradation degree of the exhaust air purification catalyst 19 is detected using the change inclination mentioned above. The oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 is reflected in this change inclination so that the explanation mentioned above may also show. Since oxygen occlusion capacity will decline if the exhaust air purification catalyst 19 deteriorates and this is reflected in change inclination, the degradation degree of the exhaust air purification catalyst 19 can be detected from change inclination.

[0157] When the change inclination of the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 mentioned above makes occlusion start from the state where the exhaust air purification catalyst 19 has not carried out occlusion of the oxygen, most notably, it is stabilized and it appears. Then, immediately after the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 changes from RIN richly, the degradation degree of the exhaust air purification catalyst 19 is judged here using change inclination until just before changing from to rich shell RIN.

[0158] First, immediately after the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 changes from RIN richly (time T1), the output (voltage V1) of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is detected. Furthermore, the output (voltage V2) of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is detected immediately after changing to RIN, since the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 is rich (time T2). These detection results are sent out to ECU18 -- having -- the difference -- deltaV= (V1-V2) is computed. It asks for the degradation degree of the exhaust air purification catalyst 19 from the map for degradation degree detection shown in drawing 21 stored in this difference ECU [ delta V and ] 18. That is, ECU18 is functioning also as a degradation detection means here.

[0159] By doing in this way, the degradation degree of the exhaust air purification catalyst 19 can be detected to the usual air-fuel ratio system Messrs., without needing special control and a special device. Moreover, it is also possible by using together with other catalyst de-activation judgments to raise the degradation detection precision of the exhaust air purification catalyst 19. If the degradation degree of the detected exhaust air purification catalyst 19 is fed back to AFC, it is also possible to raise the purification performance of exhaust gas further.

[0160] Next, invention according to claim 17 is explained.

[0161] As mentioned above, a blow-by phenomenon may arise depending on the operational status of an engine 1, without the ability carrying out the maximum use of the oxygen occlusion capacity of

the exhaust air purification catalyst 19 (for example, when there are many inhalation air contents Ga etc.). Invention according to claim 17 corrects the amount of oxygen occlusion based on the amount of well generating oxygen occlusion noting that the presumed amount of oxygen occlusion includes the error, when a blow-by phenomenon occurs.

[0162] The amount of well generating oxygen occlusion is beforehand set up as an amount of oxygen occlusion which has not carried out the maximum use of the oxygen occlusion capacity of an exhaust air purification catalyst and which is predicted that it blows and a phenomenon occurs. The amount of well generating oxygen occlusion is set up by conducting an experiment etc. in advance in consideration of the operational status of an engine 1. The amount of well generating oxygen occlusion may be set up as a map, and may be set up by the formula used in case it computes based on a reference value and this reference value.

[0163] Below, the case where the amount of well generating oxygen occlusion is set up as a map is made into an example, and it explains. Moreover, this map makes an example the case where only the inhalation air content Ga is being taken into consideration as operational status of an engine 1. However, it cannot be overemphasized that various amount of information other than the inhalation air content Ga (the degree of catalyst temperature, a catalyst de-activation degree, passage quantity of gas flow, etc.) may be taken into consideration as operational status of an engine 1.

[0164] The example of the map which specifies the amount of well generating oxygen occlusion is shown in drawing 22. This map is stored in ECU18. Exhaust gas flows into exhaust air purification catalyst 19 lower stream of a river, before the rate of flow of the exhaust gas which passes the exhaust air purification catalyst 19 becoming quick and fully completing the purification reaction of exhaust gas, if the inhalation air content Ga increases. For this reason, it will blow, if the inhalation air content Ga increases as shown in drawing 22, and a field becomes large.

[0165] There are a RIN side blow-by field which makes oxygen flow into there being remaining power to which the exhaust air purification catalyst 19 still carries out occlusion of the oxygen at exhaust air purification catalyst 19 downstream, and a rich side blow-by field which makes unburnt fuel flow into exhaust air purification catalyst 19 downstream, without the ability fully being able to oxidize unburnt fuel in exhaust gas although there is remaining power to which the exhaust air purification catalyst 19 still emits oxygen as the blow-by field. And a RIN side blow-by field minimum boundary is the amount of blow-by generating oxygen occlusion by the side of RIN, and a rich side blow-by field upper limit boundary is the amount of blow-by generating oxygen occlusion by the side of rich.

[0166] For example, the case where it detects that the exhaust air air-fuel ratio of exhaust air purification catalyst 19 downstream became RIN by the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 at a certain time is considered. The inhalation air content Ga (Q1) at this time is detected, and it is sent out to ECU18. In ECU18, the amount P2 of well generating oxygen occlusion (in this case, it is the amount of well generating oxygen occlusion by the side of RIN) corresponding to this inhalation air content Ga (Q1) is calculated. The position on the map which is equivalent to amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed at this time was P1. In this case, amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed is corrected to the value equivalent to P2 asked from the map.

[0167] Moreover, it not only presumes amount Oof oxygen occlusion2SUM currently computed, but it is correcting the amount of oxygen occlusion O2SUM presumption model here. What is necessary is to be the process of presumption of amount Oof oxygen occlusion2SUM, as mentioned above, and just to specifically, correct the value of theoretical air fuel ratio Abyfst used as the criteria at the time of computing this air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf, when air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf is used.

[0168] In addition, although renewal of amount Oof oxygen occlusion2SUM was only stopped in the control in the explanation based on drawing 2 that the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 was rich, or when RIN was outputted (contained when not based on a blow-by phenomenon) As explained here, it is also possible to use together the control which corrects amount Oof oxygen occlusion2SUM in consideration of a blow-by phenomenon, and to raise the presumed precision of amount Oof oxygen occlusion2SUM.

[0169] Next, invention according to claim 18 is explained.

[0170] In order to presume the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \text{ SUMmax}$ - $O_2 \text{ SUMmin}$ ), detection of upper-limit  $O_2 \text{ SUMmax}$  of amount Oof oxygen occlusion $\text{2SUM}$  and lower limit  $O_2 \text{ SUMmin}$  is needed. In order to obtain the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \text{ SUMmax}$ - $O_2 \text{ SUMmin}$ ) at an early stage more, invention according to claim 18 gives fixed forced oscillation to oxygen occlusion weight label value  $O_2 \text{ SUMref}$ , and makes detection of upper-limit  $O_2 \text{ SUMmax}$  and minimum value  $O_2 \text{ SUMmi}$  perform at an early stage. If the amplitude of the fixed forced oscillation given to oxygen occlusion weight label value  $O_2 \text{ SUMref}$  is made minute at this time, it can prevent that the control system of amount Oof oxygen occlusion $\text{2SUM}$  is ruined.

[0171] Here, amount Oof oxygen occlusion $\text{2SUM}$  is fluctuated by giving the fixed forced oscillation of a minute amplitude to oxygen occlusion weight label value  $O_2 \text{ SUMref}$ . fluctuating amount Oof oxygen occlusion $\text{2SUM}$  -- the exhaust air air-fuel ratio of the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 -- weak RIN -- or -- weak -- it is controlled to become rich By maintaining the state where the exhaust air air-fuel ratio of the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 was made into weak RIN, the exhaust air purification catalyst 19 continues carrying out occlusion of the oxygen, and upper-limit  $O_2 \text{ SUMmax}$  of amount Oof oxygen occlusion $\text{2SUM}$  is detected. if upper-limit  $O_2 \text{ SUMmax}$  is detected -- next time -- the exhaust air air-fuel ratio of the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 -- weak -- the state where it was presupposed that it was rich is maintained, the exhaust air purification catalyst 19 continues emitting oxygen, and lower limit  $O_2 \text{ SUMmin}$  of amount Oof oxygen occlusion $\text{2SUM}$  is detected

[0172] Thus, presumption of the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \text{ SUMmax}$ - $O_2 \text{ SUMmin}$ ) can be early-stage-sized by giving fixed forced oscillation to oxygen occlusion weight label value  $O_2 \text{ SUMref}$ . It seems that under the present circumstances, a blow-by phenomenon is induced and purifying [ of exhaust gas ] does not become inadequate since it will not be fluctuating the air-fuel ratio of an engine 1 greatly, if the amplitude of vibration is made minute. Moreover, though the disturbance exceeding the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 should arise, since the close gas to the exhaust air purification catalyst 19 is controlled by the position near SUTOIKI, poor purification of exhaust gas can be suppressed to the minimum. In addition, ECU18 is functioning here as an occlusion weight label value setting means to set up oxygen occlusion weight label value  $O_2 \text{ SUMref}$ .

[0173] Next, a claim 19 and invention according to claim 20 are explained.

[0174] A claim 18 may give vibration to oxygen occlusion weight label value  $O_2 \text{ SUMref}$ , and the control air-fuel ratio of an engine 1 might be changed as the result. Invention according to claim 19 gives vibration to the control air-fuel ratio of an engine 1, and the desired value is set up so that the amplitude of a control air-fuel ratio may become large gradually. Invention according to claim 20 also gives vibration to the control air-fuel ratio of an engine 1, and the desired value is set up so that the period of a control air-fuel ratio may become long gradually.

[0175] By vibrating a control air-fuel ratio, it can promote detecting upper-limit  $O_2 \text{ SUMmax}$  of amount Oof oxygen occlusion $\text{2SUM}$ , when the exhaust air air-fuel ratio of exhaust gas is a RIN side, and detecting lower limit  $O_2 \text{ SUMmin}$  at the time of a rich side. Consequently, the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \text{ SUMmax}$ - $O_2 \text{ SUMmin}$ ) can be presumed more at an early stage. If it is made to vibrate so that the amplitude may become large gradually in case a control air-fuel ratio is vibrated at this time, the aggravation of exhaust air emission and the aggravation of drivability by vibration of a control air-fuel ratio can be suppressed to the minimum.

[0176] Although the amount of occlusion fluctuates only within the limits of the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 and neither upper-limit  $O_2 \text{ SUMmax}$  nor lower limit  $O_2 \text{ SUMmin}$  may be unable to be detected while an amplitude is small if it controls to enlarge the amplitude of a control air-fuel ratio gradually, neither aggravation of exhaust air emission nor aggravation of drivability is generated. And if an amplitude is enlarged gradually, upper-limit  $O_2 \text{ SUMmax}$  and lower limit  $O_2 \text{ SUMmin}$  will be detected in the place which exceeded slightly the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 by somewhere. Since oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 is not exceeded greatly, neither aggravation of exhaust air emission nor aggravation of drivability is generated also in this case.

[0177] If it is made similarly to vibrate so that the period may become long gradually in case a control air-fuel ratio is vibrated, the aggravation of exhaust air emission and the aggravation of

drivability by vibration of a control air-fuel ratio can be suppressed to the minimum. Although the amount of occlusion fluctuates only within the limits of the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 and neither upper-limit O<sub>2</sub>SUMmax nor lower limit O<sub>2</sub>SUMmin may be unable to be detected while a period is short if it controls to lengthen the period of a control air-fuel ratio gradually, neither aggravation of exhaust air emission nor aggravation of drivability is generated. And if the period is enlarged gradually, upper-limit O<sub>2</sub>SUMmax and lower limit O<sub>2</sub>SUMmin will be detected in the place which exceeded slightly the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 by somewhere. Since oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 is not exceeded greatly, neither aggravation of exhaust air emission nor aggravation of drivability is generated also in this case.

[0178] Next, invention according to claim 21 is explained.

[0179] In the explanation based on drawing 2, only one desired value (oxygen occlusion weight label value O<sub>2</sub>SUMref) of amount Oof oxygen occlusion2SUM is set up at a certain time. And amount Oof oxygen occlusion2SUM was controlled to converge on this single oxygen occlusion weight label value O<sub>2</sub>SUMref. In invention according to claim 21, two or more desired value of amount Oof oxygen occlusion2SUM is set up simultaneously, and control is performed, two or more of these desired value being changed.

[0180] Moreover, in the control mentioned above, it is setting up oxygen occlusion weight label value O<sub>2</sub>SUMref near the center of the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin), and a part for a margin which does not exceed oxygen occlusion capacity is taken to the both sides by the side of an oxygen occlusion side and discharge. However, if control of amount Oof oxygen occlusion2SUM improves, a part for the margin of this oxygen occlusion capacity may be held vainly, without being used. Moreover, the direction to which made it change somewhat and the purification reaction of exhaust gas was made to perform compulsorily carried out the knowledge of the rate of purification improving rather than artificers continue maintaining amount Oof oxygen occlusion2SUM to constant value about the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19.

[0181] Then, the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 is used much more effectively here by setting up two or more desired value of amount Oof oxygen occlusion2SUM between the upper-limit O<sub>2</sub>SUMmax and lower limit O<sub>2</sub>SUMmin, and changing this periodically. The following explanation explains the case where two desired value of amount Oof oxygen occlusion2SUM is set up. In addition, the desired value set up here may change according to the operational status of an engine 1.

[0182] The relation of the amount of oxygen occlusion O<sub>2</sub>SUM and control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref1, O<sub>2</sub>SUMref2, and time at the time of performing control mentioned above to drawing 23 is shown. Here, control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref1 of a couple and O<sub>2</sub>SUMref2 are set up according to the operational status of an engine 1. Since the operational status (not only engine 1 main part but the state of a pumping system is included) of an engine 1 changed in Time t, as for control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref1 and O<sub>2</sub>SUMref2, the value is changed. It seems that it is separately changed here, respectively although control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref1 of a couple and O<sub>2</sub>SUMref2 are changed simultaneously.

[0183] Here, control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref1 is set to a side with much amount Oof oxygen occlusion2SUM, and control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref2 is set to the side with little amount Oof oxygen occlusion2SUM. For example, in operational status with an engine 1, control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref1 is set to about 80% of the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin), and control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref2 is set to about 20% of the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin). And what is necessary is just to carry out setting control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref1 to about 60% of the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin), and setting control-objectives value O<sub>2</sub>SUMref2 to about 40% of the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) etc. at the time of another operational status.

[0184] In addition, although it is changeless in the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2</sub> SUMmax-O<sub>2</sub>SUMmin) in the graph shown in drawing 23 since upper-limit O<sub>2</sub>SUMmax of amount Oof oxygen occlusion2SUM and lower limit O<sub>2</sub>SUMmin are not updated If upper-limit O<sub>2</sub>SUMmax

or lower limit O2SUMmin is updated when setting up control-objectives value O2SUMref1 and O2SUMref2 by the relation with the amount of maximum oxygen occlusion (O2 SUMmax-O2SUMmin) Control-objectives value O2SUMref1 and O2SUMref2 may be updated.

[0185] And control-objectives value O2SUMref1 and O2SUMref2 are changed by turns as actual desired value of amount Oof oxygen occlusion2SUM. For example, in time T1-T2, control-objectives value O2SUMref2 is set up as actual desired value of amount Oof oxygen occlusion2SUM, and amount Oof oxygen occlusion2SUM is controlled to converge on control-objectives value O2SUMref2. On the other hand, in time T2-T3, control-objectives value O2SUMref1 is set up as actual desired value of amount Oof oxygen occlusion2SUM, and amount Oof oxygen occlusion2SUM is controlled to converge on control-objectives value O2SUMref1.

[0186] In addition, the setting method of control-objectives value O2SUMref1 and O2SUMref2 is not necessarily limited to what was mentioned above. For example, you may determine control-objectives value O2SUMref1 and O2SUMref2 with a difference with oxygen occlusion desired value O2SUMref mentioned above. Furthermore, a switch of control-objectives value O2SUMref1 and O2SUMref2 may not necessarily be alternation, and it is chosen according to the operational status of an engine 1 etc., and you may make it change it. Furthermore, three or more control-objectives values may be set up.

[0187] Next, invention according to claim 22 to 24 is explained.

[0188] Invention according to claim 22 to 24 relates to a setup of the control air-fuel ratio for fully utilizing oxygen occlusion capacity. In invention according to claim 22, a cold starting direct rear stirrup sets up the desired value of a control air-fuel ratio in a RIN field at the time of low load operation. At the time of low load operation, unburnt fuel remains into exhaust gas, without performing combustion of an engine 1 completely, and a cold starting direct rear stirrup has the inclination for an exhaust air air-fuel ratio to become rich approach. For this reason, since the oxygen by which occlusion was carried out to the exhaust air purification catalyst 19 becomes is easy to be emitted, we are anxious about amount Oof oxygen occlusion2SUM running short. For this reason, a cold starting direct rear stirrup is setting up the desired value of a control air-fuel ratio in a RIN field at the time of low load operation, and making an exhaust air air-fuel ratio into RIN approach beforehand, and it prevents that amount Oof oxygen occlusion2SUM decreases.

[0189] Invention according to claim 23 sets up the desired value of a control air-fuel ratio in a rich field at the time of heavy load operation. At the time of heavy load operation, since the combustion temperature of an engine 1 becomes an elevated temperature, there is an inclination for many nitrogen oxide (NOx) to be contained in exhaust gas. For this reason, in the exhaust air purification catalyst 19, since occlusion of the oxygen produced after reduction of nitrogen oxide (NOx) is carried out, amount Oof oxygen occlusion2SUM tends to become excessive. If it becomes such, when the exhaust gas of a RIN exhaust air air-fuel ratio comes, we will be anxious about it becoming impossible to fully purify. Then, it prevents that amount Oof oxygen occlusion2SUM becomes excessive by setting up the desired value of a control air-fuel ratio in a rich field at the time of heavy load operation, and making an exhaust air air-fuel ratio into rich approach beforehand.

[0190] Fuel increase in quantity may be performed as a similar situation. If fuel increase in quantity is performed, the exhaust air air-fuel ratio of the exhaust gas which flows into the exhaust air purification catalyst 19 will become rich, and amount Oof oxygen occlusion2SUM of the exhaust air purification catalyst 19 will decrease. For this reason, if the operating period which competes for it and carries out desired value of a control air-fuel ratio to a RIN field before fuel increase in quantity is prepared, it can prevent that amount Oof oxygen occlusion2SUM runs short at the time of fuel increase in quantity.

[0191] Invention according to claim 24 sets up the operating period by which a fuel-cut execution front stirrup sets up the desired value of a control air-fuel ratio in a rich field before a halt of an engine 1. At the time of fuel-cut execution and a halt of an engine 1 (at or the time of the restart after a halt), since the mere air which does not contain fuel in the exhaust air purification catalyst 19 will flow, amount Oof oxygen occlusion2SUM tends to become excessive. If it becomes such, when the exhaust gas of an exhaust air air-fuel ratio [ RIN after that ] comes, we will be anxious about it becoming impossible to fully purify. Then, by preparing the operating period which sets up the desired value of a control air-fuel ratio in a rich field before fuel-cut execution and a halt of an

engine 1, when amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> of the exhaust air purification catalyst 19 was decreased, a fuel cut is performed or an engine 1 is suspended, it equips carrying out occlusion with oxygen.

[0192] In addition, what is necessary is just to prepare the period operated where a fixed time engine 1 is mentioned above, without stopping an engine simultaneously with ignition-off, when preparing such an operating period before an engine shutdown. This period also has giving [ little ] an operator sense of incongruity according to a load-resultant-pulse-number rotation grade from number rotation, by rotation of an engine 1, since it is good. Moreover, it may be useful to fluctuate an air-fuel ratio by a rich spike or RIN spike depending on a situation, in case the desired value of the control air-fuel ratio mentioned above is fluctuated and the air-fuel ratio of an engine 1 is controlled (for example, just before performing fuel increase in quantity etc.). What is necessary is just to put in a spike in that case, so that the exhaust air purification catalyst 19 may exceed occlusion and the amount of oxygen which may be emitted at unit time.

[0193] In addition, there is a method of changing oxygen occlusion weight label value O<sub>2SUMref</sub> about invention according to claim 22 to 24 as one of the technique which changes the desired value of a control air-fuel ratio. In order to make the present amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> increase, by setting oxygen occlusion weight label value O<sub>2SUMref</sub> to an occlusion side, the aforementioned air-fuel ratio desired value setting means will set the desired value of a control air-fuel ratio to a RIN side (side which purifies exhaust gas by carrying out occlusion of the oxygen in exhaust gas). If it can come, in order to decrease the present amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub>, the aforementioned air-fuel ratio desired value setting means will set the desired value of a control air-fuel ratio to a rich side (side which purifies exhaust gas by emitting the oxygen by which occlusion is carried out) on the contrary by setting oxygen occlusion weight label value O<sub>2SUMref</sub> to a discharge side.

[0194] Next, invention according to claim 25 is explained.

[0195] Invention according to claim 25 changes the gain of air-fuel ratio feedback according to presumed amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> or the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2SUMmax</sub>-O<sub>2SUMmin</sub>). Here, it acquires from amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> and the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2SUMmax</sub>-O<sub>2SUMmin</sub>) which mentioned above how much margin there is to upper-limit O<sub>2SUMmax</sub> and lower limit O<sub>2SUMmin</sub> of amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub>, and air-fuel ratio feedback gain is changed according to this. Air-fuel ratio feedback gain is changed by changing the controlled variable at the time of air-fuel ratio feedback.

[0196] It already explained that the blow-by phenomenon in which nitrogen oxide NO<sub>x</sub>, a carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC flow into a margin being still in the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19 depending on the operational status of an engine 1 on exhaust air purification catalyst 19 lower stream of a river might arise. It is easy to produce this blow-by phenomenon, so that amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is close to upper-limit O<sub>2SUMmax</sub> or lower limit O<sub>2SUMmin</sub>.

[0197] Then, as an example of control here, air-fuel ratio feedback gain is enlarged, so that amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is close to upper-limit O<sub>2SUMmax</sub> or lower limit O<sub>2SUMmin</sub>, and it may be made to shift to the state of being hard to be generated from the state of being easy to produce the blow by, promptly. Contrary to this, air-fuel ratio feedback gain is comparatively small, and amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is carried out, when [ of upper-limit O<sub>2SUMmax</sub> or lower limit O<sub>2SUMmin</sub> ] it is in the center mostly. By doing in this way, it is \*\*\*\*\* to perform control which inhibited that the control system of air-fuel ratio feedback was confused, and was stabilized more in it.

[0198] Or since it will be in the state of being easy to generate the blow by when the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2SUMmax</sub>-O<sub>2SUMmin</sub>) becomes small, air-fuel ratio feedback gain is enlarged and it carries out that it is hard to produce the blow by. Or air-fuel ratio feedback gain is enlarged, so that amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> is separated from oxygen occlusion weight label value O<sub>2SUMref</sub>, and oxygen occlusion weight label value O<sub>2SUMref</sub> is made to converge amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub> at an early stage more. Oxygen occlusion weight label value O<sub>2SUMref</sub> is obtained from amount Oof oxygen occlusion<sub>2SUM</sub>, or the amount of maximum oxygen occlusion (O<sub>2SUMmax</sub>-O<sub>2SUMmin</sub>).

[0199] In addition, a setup of air-fuel ratio feedback gain is performed based on either or the both

sides of amount Oof oxygen occlusion $\Sigma$ SUM, and the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \Sigma$ UMmax-O $\Sigma$ UMmin). Moreover, based on upper-limit O $\Sigma$ UMmax and lower limit O $\Sigma$ UMmin obtained from amount Oof oxygen occlusion $\Sigma$ SUM, or the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \Sigma$ UMmax-O $\Sigma$ UMmin), you may determine air-fuel ratio feedback gain. Specifically, air-fuel ratio feedback gain can be changed by changing the controlled variable of air-fuel ratio feedback control.

[0200] Next, invention according to claim 26 is explained.

[0201] The exhaust air purification catalyst 19 can emit [ occlusion and ] oxygen by the oxygen occlusion capacity within the limits of the amount of maximum oxygen occlusion ( $O_2 \Sigma$ UMmax-O $\Sigma$ UMmin). However, the oxygen which is carrying out occlusion cannot be emitted altogether in an instant, or occlusion of the oxygen cannot be carried out even to one cup of the capacity which can carry out occlusion in an instant. There is a limitation also in the amount of oxygen which the exhaust air purification catalyst 19 may \*\*\*\* in an instant, the amount of oxygen in which this exhaust air purification catalyst 19 can carry out occlusion in an instant is called amount of instant occlusion possible oxygen, and the amount of oxygen which may be emitted in an instant is called amount of oxygen which can be instant emitted here.

[0202] This amount of instant occlusion possible oxygen or the amount of oxygen which can be instant emitted changes with degradation of the exhaust air purification catalyst 19. Invention according to claim 26 is what detects degradation of the exhaust air purification catalyst 19 using this amount of instant occlusion possible oxygen, or the amount of oxygen which can be instant emitted oxygen \*\*\*\*\* O $2$ AD -- within the limits of the amount of instant occlusion possible oxygen at the time of exhaust air purification catalyst 19 un-deteriorating, or the amount of oxygen which can be instant emitted -- \*\* -- based on the output of the downstream air-fuel ratio sensor 26 when a control air-fuel ratio is controlled to become, degradation of the exhaust air purification catalyst 19 is detected

[0203] The relation between the amount Cmax of instant occlusion possible oxygen and amount Oof oxygen occlusion $\Sigma$ SUM is shown in drawing 24 (a). Moreover, the relation between the amount Cmin of oxygen which can be instant emitted, and amount Oof oxygen occlusion $\Sigma$ SUM is shown in drawing 24 (b). The horizontal axis of the graph shown in drawing 24 (a) is the difference of amount Oof oxygen occlusion $\Sigma$ SUM, and its upper-limit O $\Sigma$ UMmax, and shows a part for the margin by the side of the occlusion of the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19. The horizontal axis of the graph shown in drawing 24 (b) is the difference of amount Oof oxygen occlusion $\Sigma$ SUM, and its lower limit O $\Sigma$ UMmin, and shows a part for the margin by the side of discharge of the oxygen occlusion capacity of the exhaust air purification catalyst 19.

[0204] They are the amount Cmax of instant occlusion possible oxygen when being shown by the solid line is normal as for the exhaust air purification catalyst 19, and the amount Cmin of oxygen which can be instant emitted among drawing 24 (a) and drawing 24 (b). Moreover, they are the amount Cmax of instant occlusion possible oxygen when changing into the state where it is judged that the exhaust air purification catalyst 19 has deteriorated to be shown by the dotted line, and the amount Cmin of oxygen which can be instant emitted among drawing 24 (a) and drawing 24 (b).

[0205] The amount Cmax of instant occlusion possible oxygen becomes large, so that the margin over the present upper-limit O $\Sigma$ UMmax of amount Oof oxygen occlusion $\Sigma$ SUM is large, as shown in drawing 24 (a). The amount Cmin of oxygen which can be instant emitted becomes small, so that similarly the margin over the present lower limit O $\Sigma$ UMmin of amount Oof oxygen occlusion $\Sigma$ SUM is large, as shown in drawing 24 (b) (since the discharge side of oxygen is defined in the negative direction here).

[0206] Here, the control air-fuel ratio of an engine 1 is controlled so that oxygen \*\*\*\*\* O $2$ AD is set to C1 noting that the present ( $O_2 \Sigma$ UMmax-O $\Sigma$ UMmin) is Y1 (control of the inhalation air content related to the passage capacity of the exhaust air purification catalyst 19 is also included). The AFC at this time turns into RIN control (you may produce a momentary air-fuel ratio change called so-called RIN spike). If the exhaust air purification catalyst 19 is normal, occlusion of all the oxygen in the RIN exhaust gas produced with this AFC may be carried out to the exhaust air purification catalyst 19.

[0207] However, when the exhaust air purification catalyst 19 has deteriorated, the oxygen by which

occlusion is not carried out to the exhaust air purification catalyst 19 arises, the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the exhaust air purification catalyst 19 becomes RIN, and it is detected by the downstream air-fuel ratio sensor 26. Thus, when RIN control which oxygen \*\*\*\*\* O2AD becomes within the limits of the amount Cmax of instant occlusion possible oxygen at the time (at the time of un-deteriorating) of exhaust air purification catalyst 19 normal is performed and the downstream air-fuel ratio sensor 26 detects RIN, it can judge with the exhaust air purification catalyst 19 having deteriorated.

[0208] Similarly, the control air-fuel ratio of an engine 1 is controlled so that oxygen \*\*\*\*\* O2AD is set to C2 noting that the present (O2 SUMmax-O2SUMmin) is Y2 (control of the inhalation air content related to the passage capacity of the exhaust air purification catalyst 19 is also included). The AFC at this time turns into rich control (you may produce a momentary air-fuel ratio change called so-called rich spike). Oxygen required if the exhaust air purification catalyst 19 is normal, in order to purify the rich exhaust gas produced with this AFC may fully be emitted from the exhaust air purification catalyst 19.

[0209] However, when the exhaust air purification catalyst 19 has deteriorated, the oxygen burst sizes from the exhaust air purification catalyst 19 run short, the exhaust air air-fuel ratio of the downstream of the exhaust air purification catalyst 19 becomes rich, and it is detected by the downstream air-fuel ratio sensor 26. Thus, when rich control which oxygen \*\*\*\*\* O2AD becomes within the limits of the amount Cmin of oxygen at the time (at the time of un-deteriorating) of exhaust air purification catalyst 19 normal which can be instant emitted is performed and the downstream air-fuel ratio sensor 26 detects RITCHI, it can judge with the exhaust air purification catalyst 19 having deteriorated.

[0210] In addition, it has determined whether to consider as RIN spike control according to amount Oof oxygen occlusion2SUM at that time, or consider as rich spike control here. The margin by the side of the instant occlusion which the exhaust air purification catalyst 19 has is specifically compared with the margin by the side of instant discharge, and it controls to a generous side. That is, when there is little margin by the side of instant discharge, there is much margin by the side of instant occlusion, and it considers as RIN spike control, there is little margin by the side of instant occlusion, and when there is much margin by the side of instant discharge, it considers as rich spike control. Such a case is illustrated also about drawing 24 (a) and drawing 24 (b).

[0211] By doing in this way, at the time of normal of drawing 24 (a) and drawing 24 (b), exact [ more ] and stabilized degradation detection can be performed at the time of a curve and degradation so that it may understand also from a difference with a curve being large. Moreover, in occlusion and the amount of oxygen emitted, since it is \*\*\*\*\* degradation detection, a short period of time is convenient for the AFC for degradation detection, and it induces neither aggravation of exhaust air emission, nor aggravation of drivability in an instant. In addition, although the map shown in drawing 24 is a 2-dimensional map, it adds other parameters, such as the degree of catalyst temperature, etc. to this, and is good also as a map beyond three dimensions.

[0212] this invention is not limited to each operation form mentioned above. For example, although the amount presumption means of oxygen occlusion presumed amount Oof oxygen occlusion2SUM from the history of oxygen \*\*\*\*\* O2AD computed from the air-fuel ratio of an engine 1, in the operation form mentioned above, the output of the upstream air-fuel ratio sensor 25 was used as an air-fuel ratio for computing oxygen \*\*\*\*\* O2AD. However, it is also possible as an air-fuel ratio for computing oxygen \*\*\*\*\* to use the control air-fuel ratio of an engine 1. Or you may use the air-fuel ratio obtained from the fuel behavior model mentioned above or a combustion model.

[0213]

[Effect of the Invention] While being able to raise the purification performance of exhaust gas by utilizing effectively the oxygen occlusion capacity of an exhaust air purification catalyst according to invention according to claim 1 to 26 mentioned above, the catalyst de-activation detectability ability using oxygen occlusion capacity can be raised.

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**PRIOR ART**

[Description of the Prior Art] It is made to reduce simultaneously nitrogen oxide NOx, a carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC in an internal combustion engine by arranging an exhaust air purification catalyst (three way component catalyst) on a flueway, and the air-fuel ratio sensor formed in the flueway detecting an air-fuel ratio, in order to purify exhaust gas, and performing feedback control so that a gaseous mixture may serve as theoretical air fuel ratio.

[0003] In order to raise further the rate of purification of the exhaust gas discharged from an internal combustion engine, it is effective to perform feedback control mentioned above with a sufficient precision. Moreover, it is also effective to raise further the rate of purification of nitrogen oxide NOx, a carbon monoxide CO, and Hydrocarbon HC paying attention to an oxygen occlusion operation of an exhaust air purification catalyst. The control for using this oxygen occlusion operation effectively is considered from the former. As a control unit which paid its attention to such an oxygen occlusion operation, the thing of a publication etc. is in JP,9-310635,A. The control unit given in JP,9-310635,A was what controls an air-fuel ratio so that the desired value of the amount of oxygen (the amount of oxygen occlusion) by which occlusion is carried out to an exhaust air purification catalyst is set up so that an exhaust air purification catalyst may serve as a half grade of the maximum amount of oxygen occlusion (the amount of maximum oxygen occlusion) which can carry out occlusion, and the amount of oxygen occlusion serves as this desired value.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the cross section showing the internal combustion engine which has 1 operation gestalt of the control unit of this invention.

[Drawing 2] It is the timing chart which shows the situation of amount Oof oxygen occlusion2SUM, and the desired value O2SUMref and the downstream air-fuel ratio sensor output of an exhaust air purification catalyst.

[Drawing 3] It is the flow chart of updating control of amount Oof oxygen occlusion2SUM.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows updating control of upper-limit O2SUMmax of amount Oof oxygen occlusion2SUM, and lower limit O2SUMmin.

[Drawing 5] It is a \*\*\* flow chart at updating control of desired value O2SUMref of amount Oof oxygen occlusion2SUM, and calculation of the correction factor KAF of fuel oil consumption.

[Drawing 6] It is the map used for the degradation judging of an exhaust air purification catalyst.

[Drawing 7] It is the graph which shows air-fuel ratio forecast \*\*.

[Drawing 8] It is the graph which shows output forecast \*\* and air-fuel ratio forecast \*\*.

[Drawing 9] It is the graph which shows detection error component \*\*, output forecast \*\*, and air-fuel ratio forecast \*\*.

[Drawing 10] It is the graph which shows exhaust air air-fuel ratio \*\*.

[Drawing 11] It is the graph which shows output forecast \*\* and air-fuel ratio forecast \*\*.

[Drawing 12] It is the graph which shows amendment air-fuel ratio \*\*, exhaust air air-fuel ratio \*\*, detection error component \*\*, and air-fuel ratio forecast \*\*.

[Drawing 13] It is the map in which a relation (the passage quantity of gas flow Gb and amendment \*\*\*\* kg) is shown.

[Drawing 14] It is the map in which the relation between air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf and a correction factor Ka is shown.

[Drawing 15] It is the map in which the relation between the passage quantity of gas flow Gb, and amendment \*\*\*\*kg (max) and Kg (min) is shown.

[Drawing 16] It is the map in which the relation between air-fuel ratio change width-of-face deltaAbyf and correction factors Ka (max) and Ka (min) is shown.

[Drawing 17] It is the graph which shows the relation between an actual exhaust air air-fuel ratio and an air-fuel ratio sensor output (voltage).

[Drawing 18] It is a map the AFC based on the relation between amount Oof oxygen occlusion2SUM, and a downstream air-fuel ratio sensor output, and for malfunction detection.

[Drawing 19] it is a map for the malfunction detection which is alike and due to the relation between the degree of catalyst temperature, and the amount type of maximum oxygen occlusion

[Drawing 20] It is the graph which shows a time change of an air-fuel ratio sensor output and an exhaust air air-fuel ratio, and (a) shows output change of a downstream air-fuel ratio sensor, and (b) shows change of the exhaust air air-fuel ratio of an exhaust air purification catalyst upstream.

[Drawing 21] a downstream air-fuel ratio sensor -- it is the map in which the relation between difference and a catalyst de-activation degree is shown 26 output value

[Drawing 22] It is the map in which the relation between the inhalation air content Ga and the amount of well generating oxygen occlusion is shown.

[Drawing 23] It is the timing chart which shows a situation with amount Oof oxygen

occlusion2SUM and control-objectives value O2SUMref1 of an exhaust air purification catalyst, and O2SUMref2.

[Drawing 24] (a) is a graph which shows the relation between amount Oof oxygen occlusion2SUM (and the upper-limit O2SUMmax), and the amount Cmax of instant occlusion possible oxygen, and (b) is a graph which shows the relation between amount Oof oxygen occlusion2SUM (and the lower limit O2SUMmin), and the amount Cmin of oxygen which can be instant emitted.

[Description of Notations]

1 [ -- A flueway, 13 / -- An air flow meter, 18 / -- ECU (the amount presumption means of oxygen occlusion and the amount presumption means of maximum oxygen occlusion,, an air-fuel ratio desired value setting means, an unusual judging means and a catalyst de-activation detection means),, 19 / -- An exhaust air purification catalyst, 25 / -- An upstream air-fuel ratio sensor (upstream air-fuel ratio detection means), 26 / -- Downstream air-fuel ratio sensor (downstream air-fuel ratio detection means). ] -- An engine (internal combustion engine), 4 -- An inhalation-of-air

---

[Translation done.]

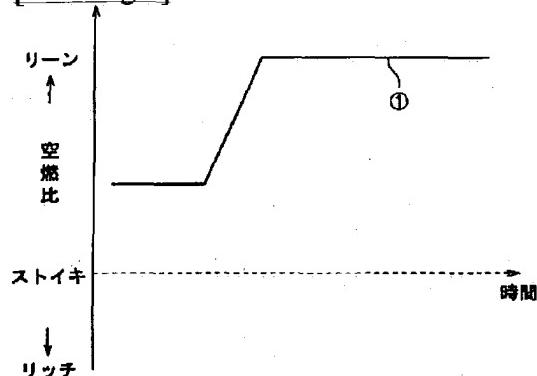
\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

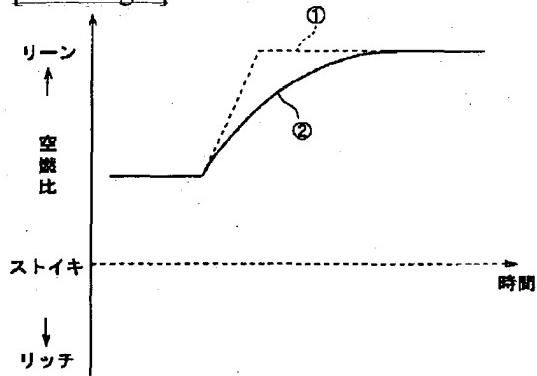
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

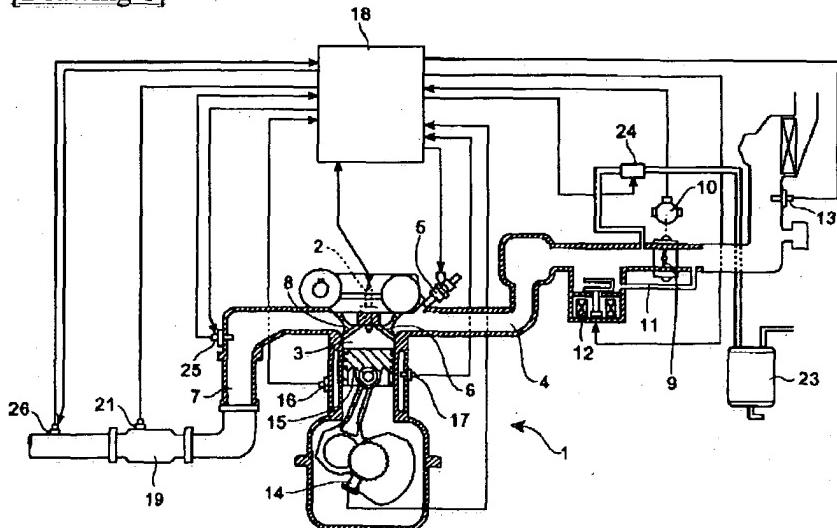
[Drawing 7]



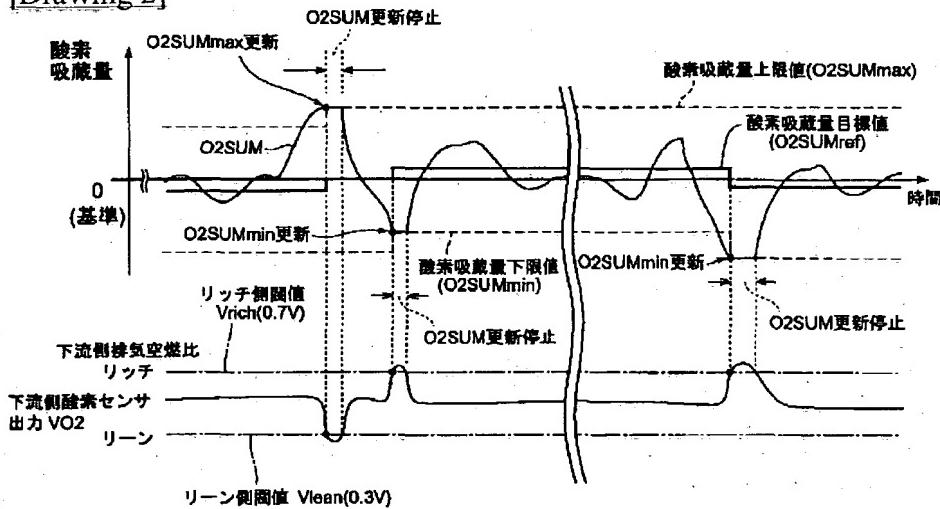
[Drawing 8]



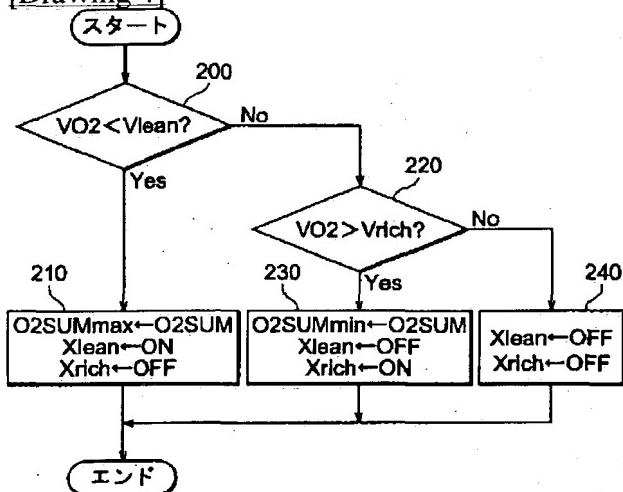
[Drawing 1]



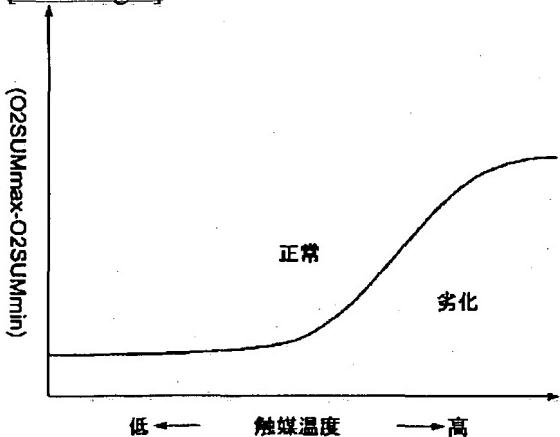
[Drawing 2]



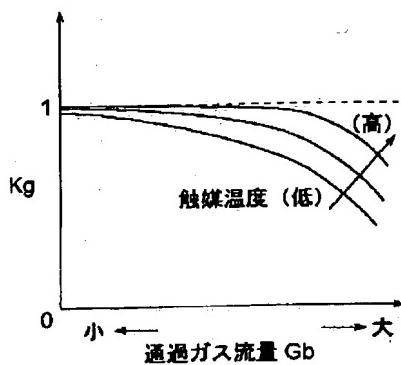
[Drawing 4]



[Drawing 6]

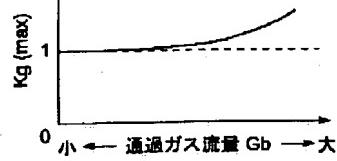


[Drawing 13]

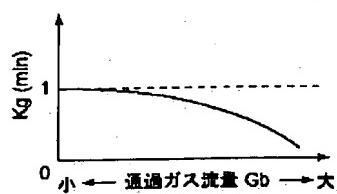


[Drawing 15]

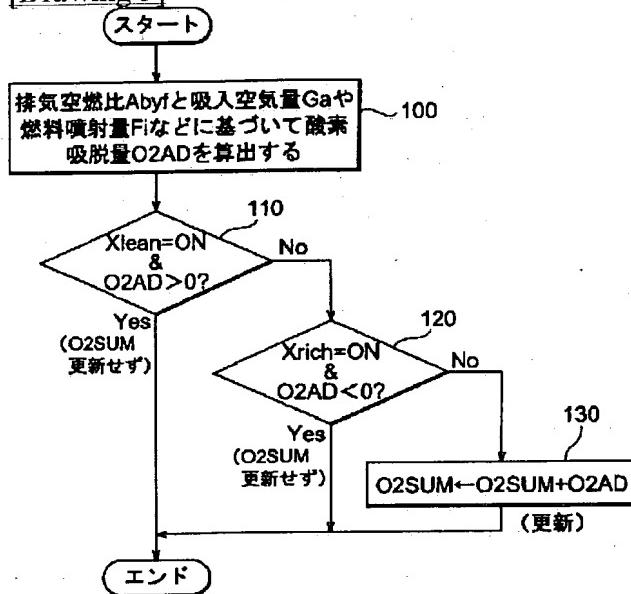
(a)



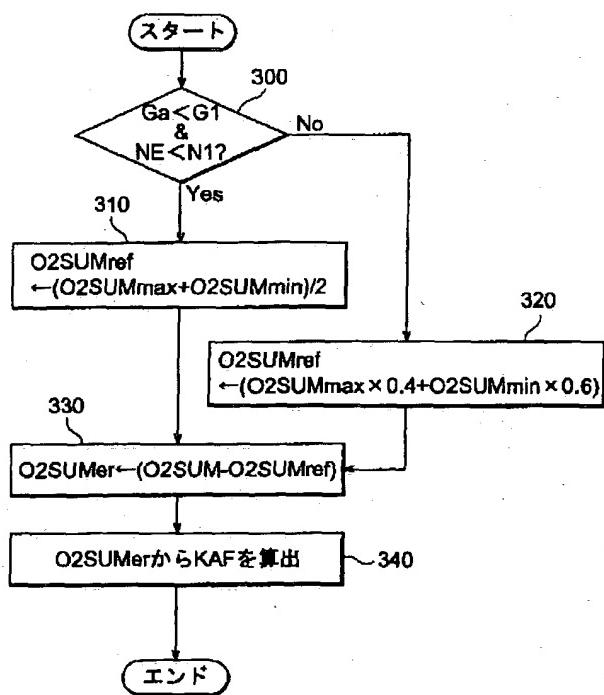
(b)



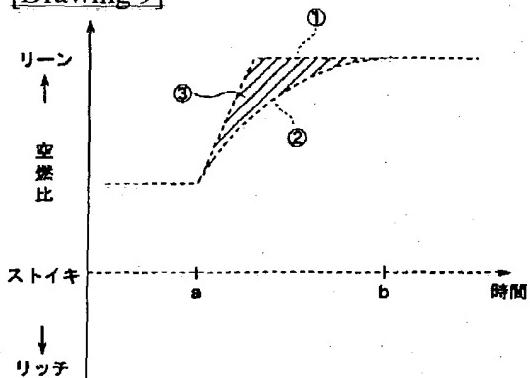
[Drawing 3]



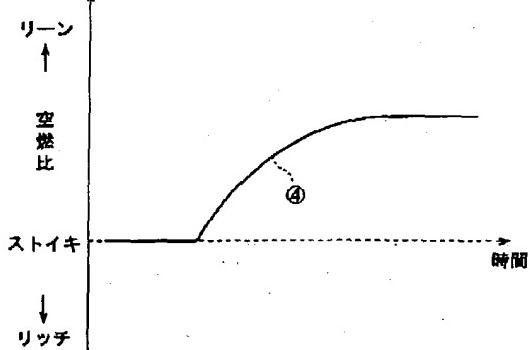
[Drawing 5]



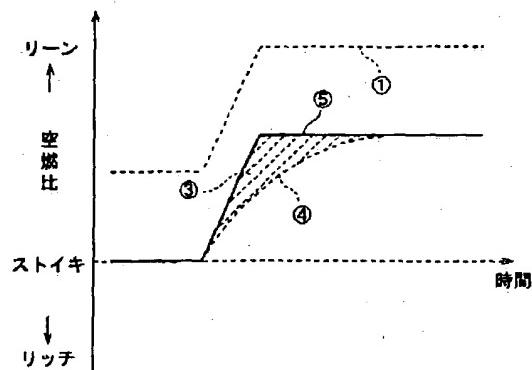
[Drawing 9]



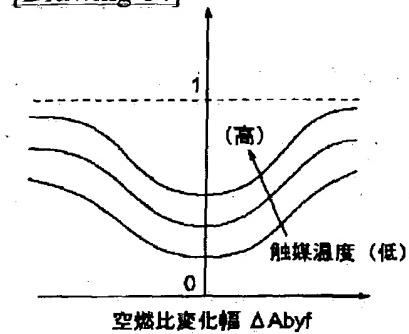
[Drawing 10]



[Drawing 11]

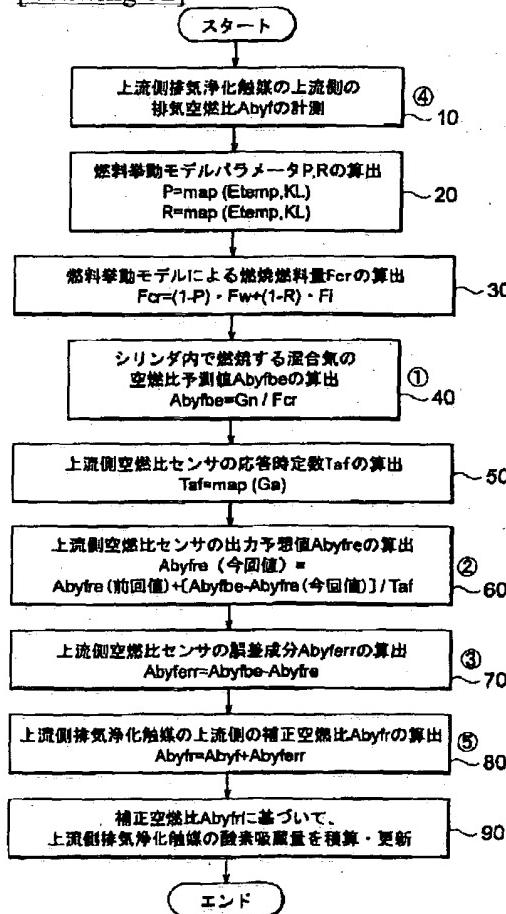


[Drawing 14]

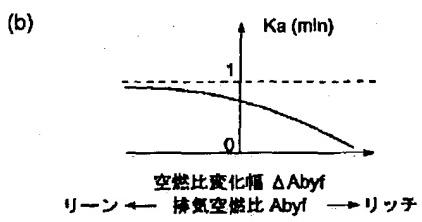
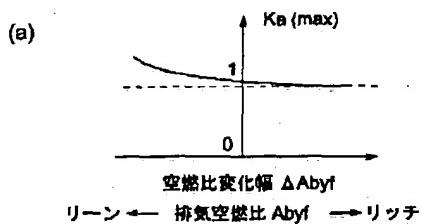


リーン ← 排気空燃比 Abyf → リッチ

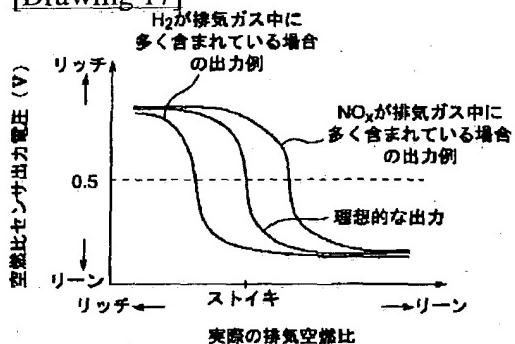
[Drawing 12]



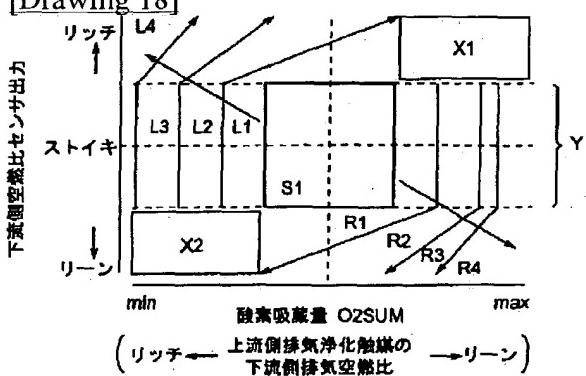
[Drawing 16]



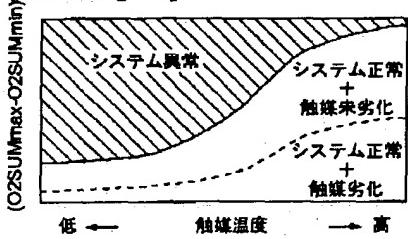
[Drawing 17]



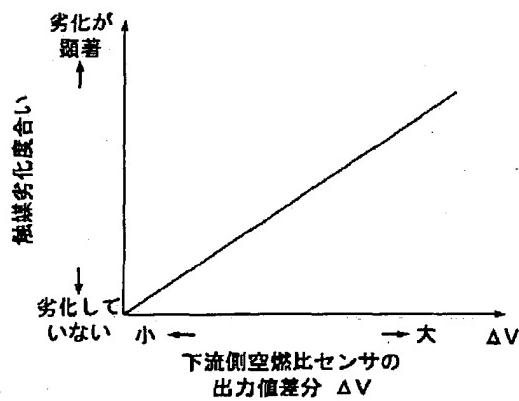
[Drawing 18]



[Drawing 19]

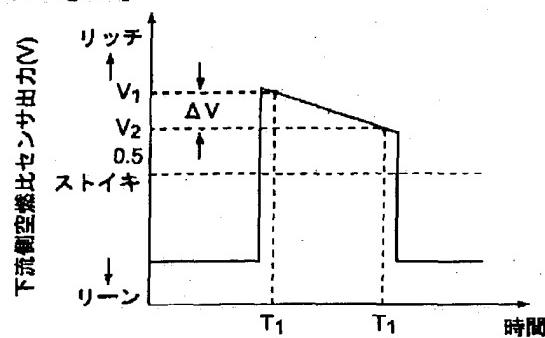


[Drawing 21]

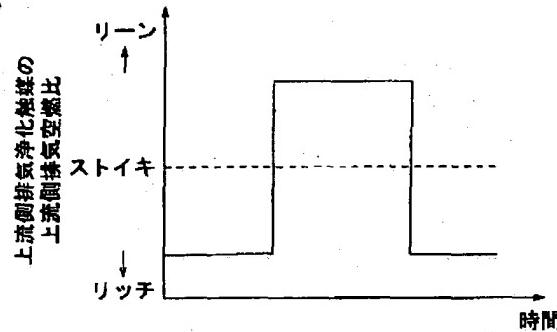


[Drawing 20]

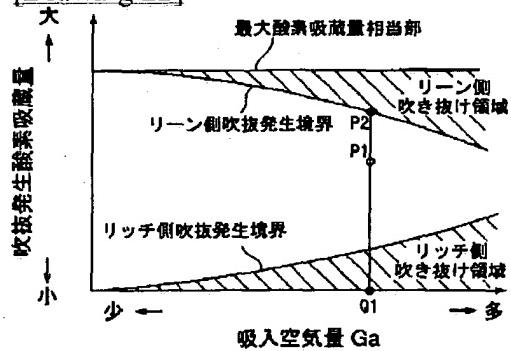
(a)



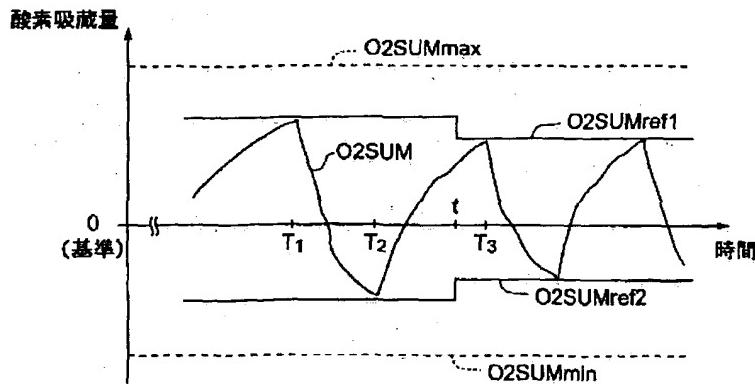
(b)



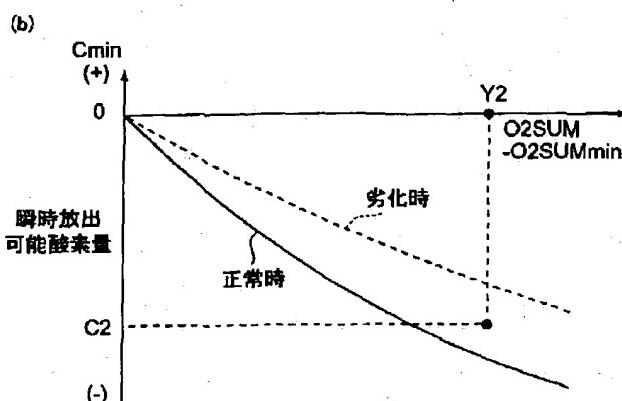
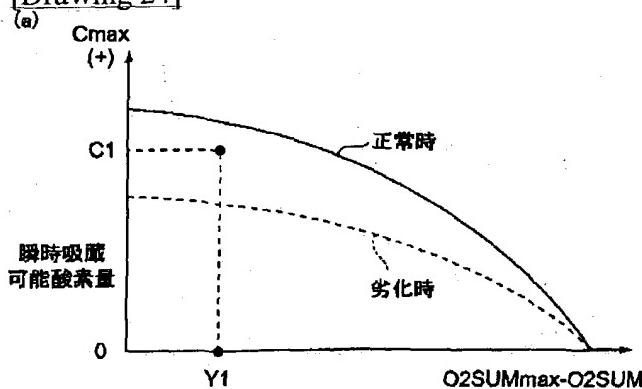
[Drawing 22]



[Drawing 23]



[Drawing 24]




---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-209510

(43)公開日 平成5年(1993)8月20日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I
F 01 N 3/20	C	9150-3G	
F 02 B 77/08	M	8614-3G	
	G	8614-3G	
F 02 D 35/00	3 6 8	B 9038-3G	
45/00	3 7 0	B 7536-3G	

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5(全9頁)

(21)出願番号 特願平4-169805

(22)出願日 平成4年(1992)6月29日

(31)優先権主張番号 P 4 1 2 8 8 2 3. 8

(32)優先日 1991年8月30日

(33)優先権主張国 ドイツ(DE)

(71)出願人 390023711

ローベルト ポツシユ ゲゼルシャフト  
ミット ベシュレンクテル ハフツング  
ROBERT BOSCH GESELL  
SCHAFT MIT BESCHRAN  
KTER HAFTUNG  
ドイツ連邦共和国 シュツットガルト  
(番地なし)

(72)発明者 フランク ブリュケ

ドイツ連邦共和国 7000 シュトゥットガ  
ルト・1ホーエンハイマーシュトラーセ  
35

(74)代理人 弁理士 加藤 卓

最終頁に続く

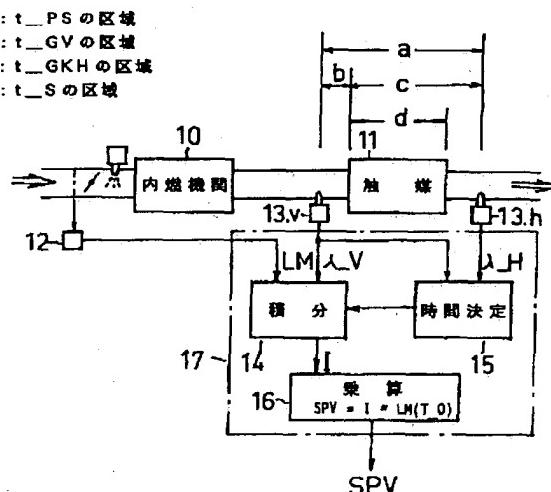
(54)【発明の名称】触媒の貯蔵能力を定める方法及び装置

(57)【要約】

【目的】触媒を有する内燃機関の任意の運転状態において触媒の貯蔵能力を定めることのできる方法及び装置を提供する。

【構成】濃厚から希薄及びその逆への変化を示すそれぞれ触媒前方ないし後方のセンサの信号 $\lambda_V$ 及び $\lambda_H$ を用いて触媒11の貯蔵能力が定められる。触媒の酸素を空にしたり触媒に酸素を満たしたりするのに必要な期間に吸収されあるいは放出される酸素の量を積分することにより貯蔵能力SPVが計算される。積分期間の開始は前方のセンサにおける位相変化の時点を用いて定められ、積分の終了は位相ずれ期間とガス通過期間から定められる。触媒の貯蔵能力を定めるために特別に内燃機関を試験運転する必要はなく、各定常的な運転状態において実施することができる。

Fig.1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 濃厚から希薄及びその逆への変化を示すそれぞれ触媒の前方ないし後方の酸素測定センサの信号 $\lambda_V$ 及び $\lambda_H$ を用いて触媒の貯蔵能力を定める方法において、

$$\Delta \lambda_V(t) = \lambda_V(t) - 1,$$

$LM(t)$  = エンジン、従って触媒へも流れる空気質量流量、として、

$$t_S = t_PS - (t_GV + t_GK)$$

H)、

$t_{PS}$  = 測定された両センサ信号の位相ずれ時間、

$t_GV = K_1 / LM$  = 前方のセンサから触媒の始端までのガス通過時間、

$t_GKH = K_2 / LM$  = 触媒の始端から後方のセンサまでのガス通過時間、

$K_1$  と  $K_2$  = センサの配置と触媒の体積に関する定数、として、

貯蔵能力が積分量 $\Delta \lambda_V(t) \cdot LM(t)$ の時間積分に比例する量として定められ、この積分が前方のセンサの信号が濃厚から希薄へ、あるいはその逆に変化する時点 $T_0$ で開始され、前記積分が期間 $t_S$ 後に終了されることを特徴とする触媒の貯蔵能力を定める方法。

【請求項2】  $K_3$  を空気の酸素含有量を示す定数として、積分量として $K_3 \cdot \Delta \lambda_V(t) \cdot LM(t)$  の量が使用されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 全積分に対する $LM(t)$  が積分工程の開始時の値 $LM(T_0)$  にセットされることを特徴とする請求項1あるいは2に記載の方法。

【請求項4】 積分が積分量のディスクリートな値の加算として行なわれ、この値が所定のサンプリング期間 $t_AT$  の間隔で形成され、加算個数 $n$  が分数 $t_S/t_AT$  の整数部分として求められることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】 濃厚から希薄及びその逆への変化を示すそれぞれ触媒の前方ないし後方の酸素測定センサの信号 $\lambda_V$ 及び $\lambda_H$ を用いて触媒の貯蔵能力を定める装置において、

$t_{PS}$  = 測定された両センサ信号の位相ずれ時間、

$t_GV = K_1 / LM$  = 前方のセンサから触媒の始端までのガス通過時間、

$t_GKH = K_2 / LM$  = 触媒の始端から後方のセンサまでのガス通過時間、

$K_1$  と  $K_2$  = センサの配置と触媒の体積に関する定数、として、

$$t_S = t_{PS} - (t_GV + t_GKH)$$

の式に従って貯蔵期間 $t_S$  を決定する時間決定装置(15)と、

$$\Delta \lambda_V(t) = \lambda_V(t) - 1,$$

$LM(t)$  = エンジン、従って触媒へも流れる空気質量流量、として、

積分量 $\Delta \lambda_V(t) \cdot LM(t)$  の時間積分を計算する積分装置(14)とを有し、

前記積分が前方のセンサの信号が濃厚から希薄へ、あるいはその逆に変化する時点 $T_0$ で開始され、また前記積分が期間 $t_S$ 後に終了され、前記時間積分が貯蔵能力に比例することを特徴とする触媒の貯蔵能力を定める装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、内燃機関の排ガス路に設けられた触媒の貯蔵能力を定める方法及び装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 触媒の老化状態あるいは貯蔵能力を定めるために、一方が触媒の前方にまた他方が後方に配置された酸素測定センサの信号を使用した多数の方法及び装置が知られている。以下の説明において特に関連のあるのは、DE-A-2444334 (US-A-3969932) に記載されているような方法及び装置である。この方法はラムダ閉ループ制御装置を有する内燃機関において実施されており、同方法においては時間を測定するために、触媒を通過するガス流が一定になるように回転数と負荷が調節されている。その場合、エンジンはラムダ値0.95あるいは1.05、すなわち1からずれた値を有する第1の運転状態において、触媒が濃厚運転の場合(すなわち値0.95の場合)には一方の貯蔵状態に達するまで、ないしは希薄運転の場合(すなわち値1.05の場合)には他方の貯蔵状態に達するまで駆動される。

【0003】 そのためには触媒が還元排ガス成分で完全に満たされ、ないしは酸化によってこの成分が完全になくなるまでの時間であることを示す所定の時間が必要になる。実際には触媒は還元成分を貯蔵するのではなく、酸素を貯蔵する。従って希薄運転の場合には貯蔵されている還元成分が酸化されるのではなく酸素が貯蔵される。濃厚運転の場合には還元成分が貯蔵されるのではなく、貯蔵されている酸素が還元成分の酸化によって消費される。

【0004】 上述の第1の運転状態における触媒の貯蔵状態が上述の2つの最終状態の一方、従って酸素に関して満たされるか空にされるかに移行した後に、エンジンは第2の運転状態の開始時点から1とは他方向にずれたラムダ値、すなわち1.05ないし0.95で駆動され、それによって触媒前方で測定されたラムダ値は対応する方向へ変化し、スタート時点でしきい値を越える。スタート時点と触媒の後方で測定されたラムダ値が触媒の前方を支配しているラムダ値の方向へ変化し、かつそ

の際に他方のしきい値を越えた時点からの時間が測定される。この時間が、触媒の貯蔵能力、従って老化状態を示す尺度として用いられる。

【0005】そのための装置は、上述の方法を実施するために運転状態制御装置と時間測定装置を有している。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】この方法の欠点は特に、貯蔵能力を定めることができるようにするためにには、それぞれ良好に定められた空気流と良好に定めたらラムダ値を有する運転状態を得なければならないことである。従ってこの方法と装置は任意の定常的な運転状態では使用することはできない。

【0007】従って本発明の課題は、触媒を有する内燃機関の任意の定常運転状態において触媒の貯蔵能力を定めることのできる方法及び装置を提供することである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、濃厚から希薄及びその逆への変化を示すそれぞれ触媒の前方ないし後方の酸素測定センサの信号 $\lambda_V$ 及び $\lambda_H$ を用いて触媒の貯蔵能力を定める方法において、

$$\Delta \lambda_V(t) = \lambda_V(t) - 1,$$

$LM(t)$  = エンジン、従って触媒へも流れる空気質量流量、

$$t_S = t_{PS} - (t_{GV} + t_{GK})$$

$$t_{PS} = \text{測定された両センサ信号の位相ずれ時間},$$

$$t_{GV} = K_1 / LM = \text{前方のセンサから触媒の始端までのガス通過時間},$$

$$t_{GKH} = K_2 / LM = \text{触媒の始端から後方のセンサまでのガス通過時間},$$

$$K_1 \text{ と } K_2 = \text{センサの配置と触媒の体積に関する定数},$$

として、貯蔵能力が積分量 $\Delta \lambda_V(t) \cdot LM(t)$ の時間積分に比例する量として定められ、この積分が前方のセンサの信号が濃厚から希薄へ、あるいはその逆に変化する時点 $T_0$ で開始され、前記積分が期間 $t_S$ 後に終了される構成を採用した。

【0009】また、本発明では、濃厚から希薄及びその逆への変化を示すそれぞれ触媒の前方ないし後方の酸素測定センサの信号 $\lambda_V$ 及び $\lambda_H$ を用いて触媒の貯蔵能力を定める装置において、

$$t_{PS} = \text{測定された両センサ信号の位相ずれ時間},$$

$$t_{GV} = K_1 / LM = \text{前方のセンサから触媒の始端までのガス通過時間},$$

$$t_{GKH} = K_2 / LM = \text{触媒の始端から後方のセンサまでのガス通過時間},$$

$$K_1 \text{ と } K_2 = \text{センサの配置と触媒の体積に関する定数},$$

定数、

として、

$$t_S = t_{PS} - (t_{GV} + t_{GKH})$$

の式に従って貯蔵期間 $t_S$ を決定する時間決定装置(15)と、

$$\Delta \lambda_V(t) = \lambda_V(t) - 1,$$

$$LM(t) = \text{エンジン、従って触媒へも流れる空気質量流量},$$

として、積分量 $\Delta \lambda_V(t) \cdot LM(t)$ の時間積分を計算する積分装置(14)とを有し、前記積分が前方のセンサの信号が濃厚から希薄へ、あるいはその逆に変化する時点 $T_0$ で開始され、また前記積分が期間 $t_S$ 後に終了され、前記時間積分が貯蔵能力に比例する構成も採用した。

#### 【0010】

【作用】貯蔵能力に比例する値だけでなく、貯蔵能力を正確に定めようとする場合には、定数 $k_3$ が空気の酸素含有量を示すものとして、積分量として $k_3 \cdot \Delta \lambda_V(t) \cdot LM(t)$ の量が用いられる。

【0011】計算を簡単にするためには、全積分に対する $LM(t)$ を積分工程の開始時の値 $LM(T_0)$ にセットし、量 $\Delta \lambda_V(t)$ を積分した後にこの値との乗算を一回行うと効果的である。

【0012】デジタル的なデータ処理を可能にするために、積分を積分量のディスクリートな値の加算として行ない、その場合、この値を所定のサンプリング期間 $t_A$ の間隔で形成し、加算個数 $n$ を分数 $t_S / t_A$ の整数部分として求めるようにすると、好ましい。

【0013】本発明方法及び本発明装置によれば、その利用時内燃機関を特別に試験運転することを必要とせず、触媒の前後のセンサの信号間の位相ずれが検出される定常的な各運転状態を使用することができるという利点が得られる。ここで注意を喚起しておくが、新しい触媒を用いた定常運転の場合にはこの種の位相ずれは検出できない。というのは触媒が良好に変換するので、触媒の後方に配置されたセンサは連続的にラムダ1を示すからである。しかし老化が進んで触媒の貯蔵能力が減少すると、希薄モードの間に酸素を吸収して濃厚モードの間に酸素を放出する緩衝能力が十分でなくなり、その結果上述のモードにおいて入口側の値が変化する場合に出口側で連続的に値1を維持することができず、そのため通常のラムダ閉ループ制御駆動において上述のセンサ信号間の位相ずれが検出できるようになる。

【0014】さらに本発明方法と本発明装置によれば、センサ信号の上述の位相ずれが触媒の貯蔵能力を直接示す尺度となるのではなく、さらにガス通過時間にも注意が払われている、という利点が得られる。

【0015】本発明装置は実際には好ましくは対応してプログラムされたマイクロコンピュータを用いて実現される。

## 【0016】

【実施例】以下、図面に示す実施例を用いて本発明を詳細に説明する。

【0017】図1には特にエンジン10、触媒11、エンジン10の前方に配置された空気質量センサ12、触媒11の前方に設けられた前方のラムダセンサ13.v、触媒の後方に設けられた後方のラムダセンサ13.h及び積分装置14と時間決定装置15と乗算装置16を有する決定装置17が図示されている。積分装置14には空気質量センサ12からの空気質量流量に関する信号、前方のラムダセンサ13.vからの信号入\_V及び積分の開始及び終了に関する時間決定装置15からのトリガー信号が供給される。時間決定装置15には信号入\_Vと後方のラムダセンサ13.hからの信号入\_Hが供給される。

【0018】なお、特に信号入\_Vについてはそれがラムダ値に比例して変化することが重要である。これはそれによって積分装置が触媒11の酸素の出入りを正しく把握することができるようにするためである。それに対して信号入\_Hについてはラムダ値によって線形に変化する必要はない。というのはこのセンサは触媒の後方のガスがラムダ値1から希薄へ、あるいはラムダ値1から濃厚への変化を示すかどうかを検出するためだけに用いられるからである。これに関しては、使用されるセンサの種類に応じて程度の差はあるがラムダ値によって顕著に非線形に変化するセンサの電圧信号を直接使用することができる。

【0019】積分装置14、時間決定装置15及び乗算装置16の機能を説明するために、まず図2を用いる。この図、及び以下の説明において時点はTで示され、期間はtで示されている。

【0020】図2においては飛躍的な変化を示すラムダ値信号入\_Vが実線で示されている。時点T\_0で前方のセンサ13.vの信号は希薄（ラムダ値は1より大きい）から濃厚（ラムダ値が1より小さい）へ飛躍する。時点T\_1で反対の飛躍が行われる。2つの時点T\_0とT\_1の間で混合気はだんだんと濃厚になる。それに

$$t_S = t_PS - (t_GV + t_GKH) \quad (1)$$

この式において量t\_PSは測定され、ガス通過期間t\_GVとt\_GKHは定数k1ないし k2と空気質量信号LMからk1/LMないし k2/LMとして計算される。定数の値は排ガス路と触媒の幾何学配置、並びに触媒とセンサの距離に関係する。その場合、空気質量信号LM(t)は全体の有効な期間の間一定であると仮定する。これは、良好な近似で該当する。というのはほぼ定常的な運転状態が存在し、時点T\_0とT\_1の間の期間は図2では通常約1秒であるからである。LMについて

対応して時点T\_1に続く次の時点T\_0までの期間には混合気はだんだんと希薄になる。

【0021】後方のセンサ13.hからの信号が時点T\_0後どの時点で同様に希薄の値でなくなるかを調べてみる。その場合まず、濃厚な混合気の前部（ガスフロント）が前方のラムダセンサ13.vを通過してから触媒に達する時点T\_GVまでに期間t\_GVが必要になることに注意しておく。触媒内でガスフロントがその特性を変化させる。というのは濃厚成分が貯蔵されている酸素によって酸化されるので、境界は濃厚な排ガスと希薄な排ガス間ではなく、ラムダ値1の排ガスと希薄な排ガス間に存在するからである。このフロントが触媒と触媒の後部から後方のラムダセンサ13.hまでの距離を通過するのに期間t\_GKHが必要である。この時点T\_GKHで後方のセンサのラムダ値が希薄な混合気の値から値1へ飛躍する。

【0022】次に、後方のセンサの信号が値1から濃厚な混合気を示す値へいつ飛躍するかを調べてみる。その場合、上述の時点T\_GVから貯蔵期間t\_Sが始まり、この期間において触媒が貯蔵していた酸素を放出することによって濃厚な有害ガス成分を変換することに注意しておく。その場合に酸化工程は全貯蔵体積にわたって均一に行われるものと仮定する。その場合、期間t\_Sが経過すると、濃厚な排ガスとラムダ値1の排ガス間の境界がちょうど触媒の始端に来る。さらに流れてくる濃厚な排ガスが触媒の始端から後方のセンサ13.hへ達するのにガス通過時間t\_GKHが必要になる。この期間が時点T\_PSで終了すると、後方のセンサの信号がラムダ値1から濃厚な排ガスを示すラムダ値へ飛躍する。

【0023】時点T\_0とT\_PSの間の期間t\_PSは容易に測定できる。というのはこれは両センサ13.vと13.hの信号の位相ずれだからである。この期間は期間t\_GV、t\_S及びt\_GKHを加算することによって得られる。最終的に問題となる貯蔵期間t\_Sについては、次の式が成立する。

## 【0024】

は本実施例では値LM(T\_0)が使用されている。

【0025】触媒の実際の貯蔵能力SPVは、濃厚な排ガスが供給されるとき貯蔵期間t\_Sの間に消費される酸素量、ないしは希薄な排ガスが流入するときにその期間に貯蔵される酸素量を積分することにより求められる。従って次の式が成立する。

## 【0026】

## 【数1】

$$SPV = \int_{t=T_0}^{T_0+t_S} (k_3 \cdot \Delta \lambda_V(t) \cdot LM(t)) dt \quad (2)$$

【0027】但し、 $\Delta \lambda_V(t)$  は値  $\lambda_V(t) - 1$  を有し、 $k_3$  は空気中の酸素の割合を示す。積分は時点  $T_0$  で測定された混合気が触媒に達する時点  $T_G$  で開始されるのではなく、時点  $T_0$  で開始される。というのはこの時点から触媒内の貯蔵量変化に有効な混合気が検出されるからである。

【0028】すでに説明したように、 $LM(t)$  を所定の値  $LM(T_0)$  に設定するのが有意義である。時点

$$SPV = LM(T_0) - \int_{t=T_0}^{T_0+t_S} \Delta \lambda_V(t) dt \quad (3)$$

【0030】デジタル的にデータを処理する場合には、積分はそれぞれ所定のサンプリング期間  $t_A T$  の経過後に形成される被加数の加算によって形成される。その場合、貯蔵期間  $t_S$  では  $n = t_S / t_A T$  個のサ

$$SPV = \sum_{m=1}^n k_3 \cdot \Delta \lambda_V(T_m) \cdot LM(T_m) \quad (4)$$

【0032】(3)式から最も簡単な加算式として

【0033】

$$SPV = LM(T_0) + \sum_{m=1}^n \Delta \lambda_V(T_m) \quad (5)$$

【0034】が得られる。(4)と(5)において  $T_m$  は時点  $T_0$  と時点  $T_0 + t_S$  間のサンプリング時点を示す。

【0035】上述の説明は、希薄から濃厚への飛躍について当てはまるものである。図2においては、濃厚から希薄へ逆に飛躍することについての正確な時間的推移は示されていないが、ラムダ値1の直線に対して鏡対称に上述のプロセスが同様な時間パターンで繰り返されるることは明らかである。

【0036】次に図3と4を用いて触媒1の貯蔵能力を定める方法を説明する。この方法は図1の決定装置17によって実施することができる。この方法では式(5)が利用される。最初に開始される前に欠陥カウンタ  $F_Z$  と検査カウンタ  $P_Z$  がそれぞれゼロにセットされ、欠陥フラグ  $F_F L$  がリセットされる。

【0037】図3の処理は、内燃機関10の定常的な運転状態が存在し、欠陥フラグがリセットされている場合に、常に開始される。まずステップs1からs3を通過する。その具体的な内容が図3に示されている。これらのステップにおいては、前方のセンサにおける濃厚から希薄への変化、あるいはその逆(位相変化)を待機する。この種の変化が発生した場合には、空気質量流量信号  $LM(T_0)$  の値  $LM(T_0)$  を測定して、この

$T_0$  と  $T_1$  間で測定された他の値を使用することもできる。定数  $k_3$  の値は、貯蔵可能な酸素の正確な量が問題となるだけでなく、正確な貯蔵能力に比例する量のみが問題になる場合には、任意に1に設定することができる。その場合には次の式が成立する。

【0029】

【数2】

ンプリング、従って被加数が得られる。(2)式から次の式が成立する。

【0031】

【数3】

【数4】

値に基づいて種々の値を計算する。

【0038】次に後方のセンサにおける位相変化を待機する。この種の位相変化が所定の期間内に発生しない場合には、処理は開始時点に戻る。この期間はエンジンの運転状態に関係し、代表的には0.5から3秒である。後方のセンサで位相変化が発生するまでの全期間において時間間隔  $t_A S$  毎に前方のセンサの信号  $\lambda_V$  がサンプリングされ、サンプリングされたすべての値が格納される。上述の説明は、ステップs4からs7に相当する。格納された値を用いてステップs8において式(5)に従って合計が形成される。

【0039】次に欠陥ルーチンが続き、その内容がステップs9～s15に記載されている。まずステップs8で計算された貯蔵能力がしきい値と比較される。しきい値を下回った場合には、欠陥カウンタ  $F_Z$  がインクリメントされる。10回の測定の間(検査カウンタ  $P_Z$  で計数される)に5回の欠陥が検出された場合には、欠陥を知らせることで処理を終了する。そうでない場合には再び最初から開始される。この欠陥情報出力を具体的にどのように行うかについては、ここでは説明しない。というのは触媒の貯蔵能力に関する値をどのようにして得るかという方法のみが重要であり、それをその後何のために使用するかについては問題にならないからである。

【0040】欠陥報知ステップs12においては、すでに欠陥が検出されているにも拘らず処理が新たに開始されるのを防止するために、欠陥フラグFFLがセットされる。このフラグは、修理工場で触媒を交換した場合には、リセットされる。

【0041】上述の処理の流れは種々の方法に変化させることができる。本発明の処理にとって重要なことは、触媒の酸素を空にしたり触媒に酸素を満たしたりするのに必要な期間 $t_S$ とこの期間の間に吸収されあるいは放出される酸素の量を用いて貯蔵能力を計算することだけである。この期間の開始は前方のセンサにおける位相変化の時点を用いて決定され、この期間の終了は上述のように定義された位相ずれ期間 $t_{PS}$ と上述のガス通過期間 $t_{GV}$ 及び $t_{GKH}$ から決定される。

【0042】上述の方法と上述の装置は、後方のセンサにおける移行が前方のセンサにおけるそれぞれ濃厚から希薄へあるいはその逆への移行に属する場合にのみ貯蔵能力の検出を行うようにすると特に良好に機能する。すなわちその場合には吸収されたあるいは放出された酸素量を定める積分は比較的短い運転時間にわたってのみ行われるので、前方のセンサにおける多数の移行にわたって誤って拡張されたり、誤って拡大されることなく、単独の移行のみが後方のセンサに対応する。この条件ができるだけ確実に守られるようにするために、ステップs6の判断が行われる。

### 【0043】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば内燃機関の任意の定常運転状態において触媒の貯蔵能力を定めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】触媒を有する内燃機関と触媒の貯蔵能力を定める装置の概略ブロック図である。

【図2】触媒の前方（実線）ないし触媒の後方（点線）のセンサによって測定されたラムダ値の時間的特性を概略図示する線図である。

【図3】図1に示す装置により実施される方法を説明するフローチャート図である。

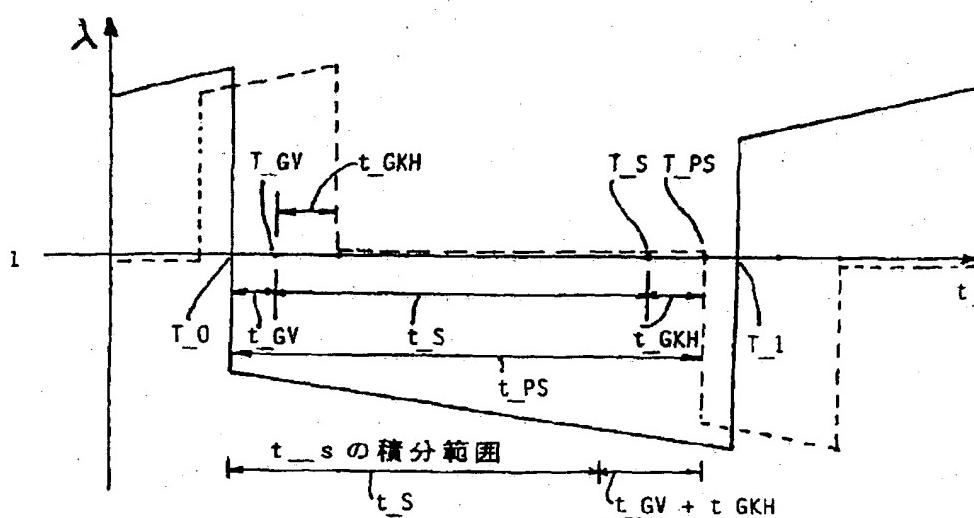
【図4】図1に示す装置により実施される方法を説明するフローチャート図である。

#### 【符号の説明】

- 1.0 内燃機関
- 1.1 触媒
- 1.2 空気量センサ
- 1.3. v 前方のラムダセンサ
- 1.3. h 後方のラムダセンサ
- 1.4 積分装置
- 1.5 時間決定装置
- 1.6 乗算装置
- 1.7 決定装置

【図2】

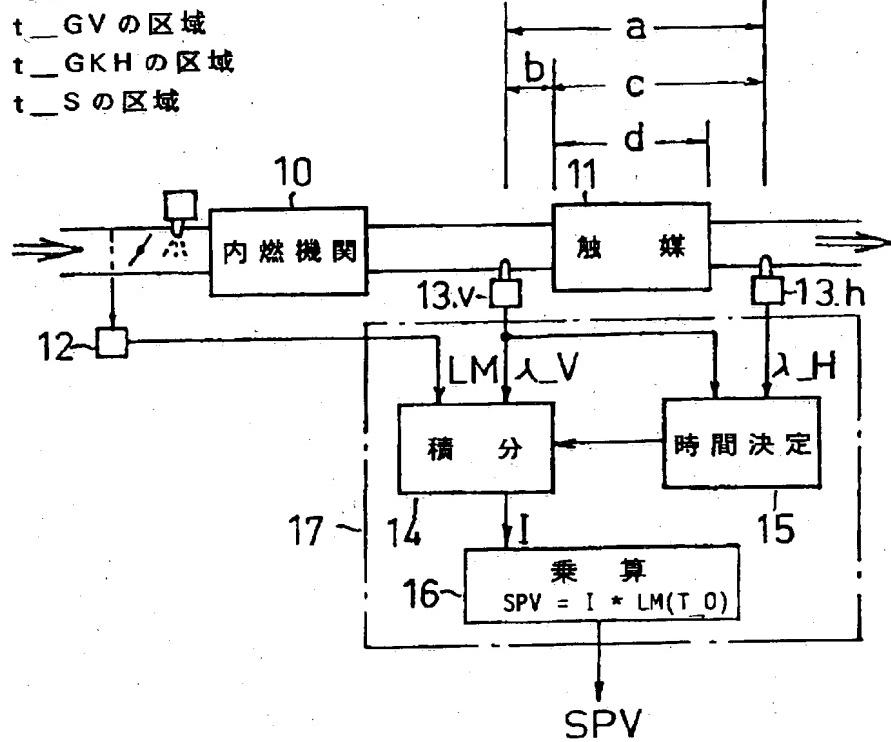
Fig. 2



【図1】

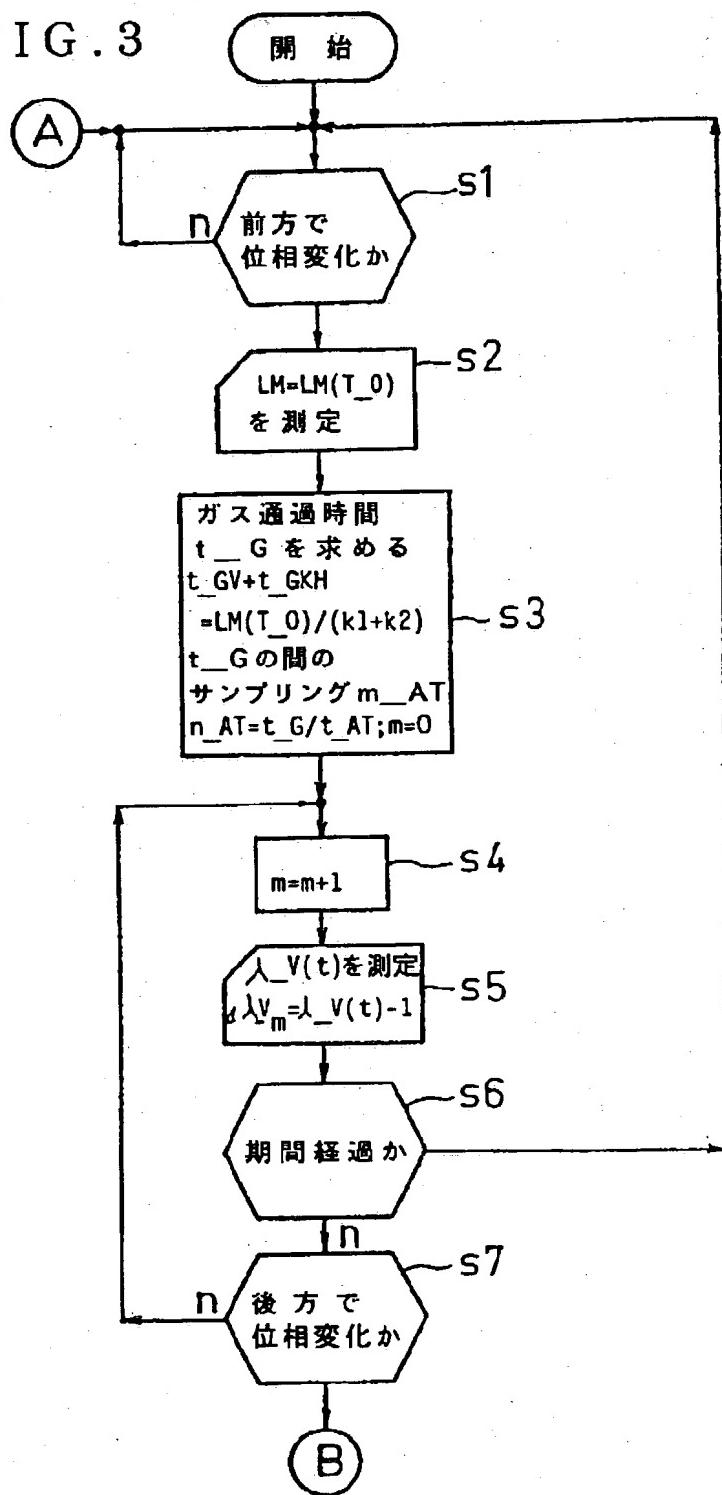
Fig.1

- a : t\_PS の区域
- b : t\_GV の区域
- c : t\_GKH の区域
- d : t\_S の区域



【図3】

FIG. 3



【図4】

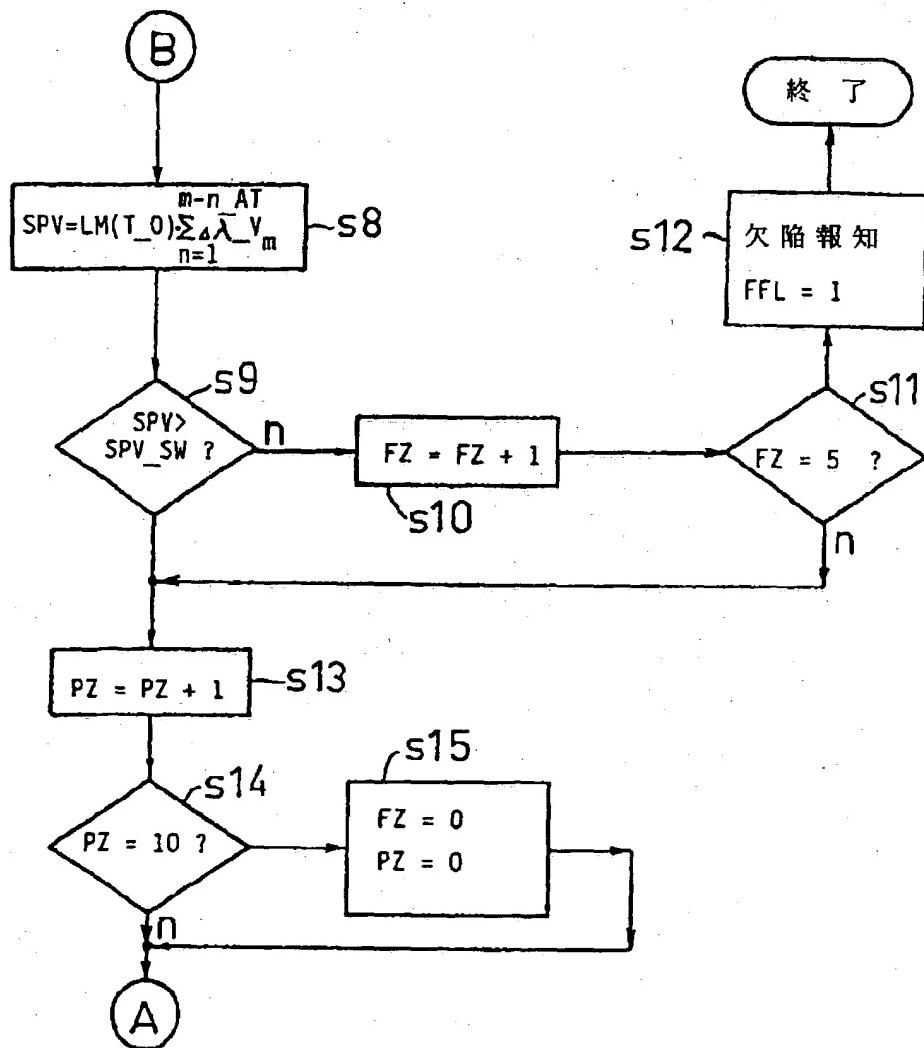


FIG. 4

フロントページの続き

(72) 発明者 エーリッヒ シュナイダー  
 ドイツ連邦共和国 7125 キルヒハイム  
 シュトルヒエンヴェーク 4

(72) 発明者 エーベルハルト シュナイベル  
 ドイツ連邦共和国 7241 ヘミンゲン ホ  
 ッホシュテッターシュトラーセ 1/5

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 05209510 A

(43) Date of publication of application: 20.08.93

(51) Int. Cl

F01N 3/20

F02B 77/08

F02D 35/00

F02D 45/00

(21) Application number: 04169805

(22) Date of filing: 29.06.92

(30) Priority: 30.08.91 DE 91 4128823

(71) Applicant: ROBERT BOSCH GMBH

(72) Inventor: BLISCHKE FRANK  
SCHNEIDER ERICH  
SCHNAIBEL EBERHARD

(54) METHOD AND ARRANGEMENT FOR  
DETERMINING STORAGE CAPACITY OF  
CATALYST

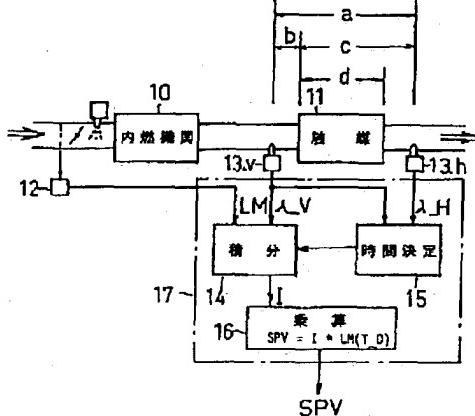
steady-state operating condition.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a method and an arrangement capable of determining a storage capacity of a catalyst in any steady-state operating condition of an internal combustion engine having the catalyst.

CONSTITUTION: Storage capacity of a catalyst 11 is determined by using signals  $\lambda$ -V and  $\lambda$ -H of a forward probe 13.v and a rearward probe 13.h of the catalyst showing changes from rich to lean and vice versa. The storage capacity SPV is calculated 16 by integrating 14 quantity of oxygen which is absorbed or discharged during a period necessary for emptying the catalyst of oxygen or fill the catalyst with oxygen. Starting of the integration is determined by using a time point of a phase change of the forward probe 13.v, and end of the integration is determined from a phase shift time and a gas passing time. No special test operation of an internal combustion engine 10 is necessary for determining the storage capacity of the catalyst, so that the determination can be carried out in any



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] In the method of showing change to thick shell rarefaction and its reverse of defining the storage capacity of a catalyst using the signal  $\lambda_V$  and  $\lambda_H$  of an oxygen measurement sensor of the front of a catalyst, or back, respectively  $\Delta\lambda_V(t) = \lambda_V(t) - 1$ ,  $LM(t)$ . The air mass flow rate,  $t_S$  which flows also to engine, therefore a catalyst =  $t_{PS} - (t_{GV} + t_{GKH})$ ,  $t_{PS}$  = The phase shift time of both the measured sensor signal,  $t_{GV}$  = The gas pass time from the sensor ahead of  $K1/LM$  to the start edge of a catalyst,  $t_{GKH}$  Gas pass time from the start edge of a  $=k2/LM$  catalyst to a back sensor,  $k1$  and  $k2$  It considers as arrangement of sensor, and the constant related to the volume of a catalyst. It is set as an amount to which storage capacity is proportional to the time quadrature of amount of integration  $\Delta\lambda_V(t)$ , and  $LM(t)$ . The way this integration defines the storage capacity of the catalyst characterized by starting the signal of a front sensor by  $T_0$  thick shell rarefaction or its time of changing conversely, and ending the aforementioned integration after period  $t_S$ .

[Claim 2] The method according to claim 1 characterized by using the amount of  $k3$  and  $\Delta\lambda_V(t)$ , and  $LM(t)$  as an amount of integration considering  $k3$  as a constant which shows the oxygen content of air.

[Claim 3] The claim 1 characterized by setting  $LM(t)$  to all integration to the value  $LM(T_0)$  at the time of the start of an integration process, or a method given in 2.

[Claim 4] A method given in any 1 term of the claims 1-3 characterized by performing integration as addition of a value [ DISUKURITO / amount / of integration ] /, forming this value at intervals of predetermined sampling period  $t_{AT}$ , and calling for the addition number  $n$  as an integral part of fraction  $t_S/t_{AT}$ .

[Claim 5] In the equipment in which change to thick shell rarefaction and its reverse is shown and which defines the storage capacity of a catalyst using the signal  $\lambda_V$  and  $\lambda_H$  of an oxygen measurement sensor of the front of a catalyst, or back, respectively  $t_{PS}$  = The phase shift time of both the measured sensor signal,  $t_{GV}$  = The gas pass time from the sensor ahead of  $K1/LM$  to the start edge of a catalyst,  $t_{GKH}$  Gas pass time from the start edge of a  $=k2/LM$  catalyst to a back sensor,  $k1$  and  $k2$  it considers as arrangement of a sensor, and the constant related to the volume of a catalyst, and is  $t_S = t_{PS} - (t_{GV} + t_{GKH})$

Equipment which defines the storage capacity of a catalyst which it has the following, and the signal of a front sensor is started for the aforementioned integration by  $T_0$  thick shell rarefaction or its time of changing conversely, and the aforementioned integration is ended after period  $t_S$ , and is characterized by the aforementioned time quadrature being proportional to storage capacity. Time [ to determine storage time  $t_S$  according to a \*\* type ] determination equipment (15) delta  $\lambda_V(t) = \lambda_V(t) - 1$ ,  $LM(t)$  = integration equipment which calculates the time quadrature of amount of integration  $\Delta\lambda_V(t)$ , and  $LM(t)$  by considering as the air mass flow rate which flows also to an engine, therefore a catalyst (14)

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the method and equipment which define the storage capacity of the catalyst prepared in the exhaust gas way of an internal combustion engine.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to define the aging state or storage capacity of a catalyst, much the methods and equipment which used the signal of the oximetry sensor by which one side had been arranged ahead of the catalyst, and another side has been arranged back are known. That there is relation especially in the following explanation is the method and equipment which are indicated by DE-A -2444334 (US-A -3969932). This method is enforced in the internal combustion engine which has lambda closed-loop-control equipment, and in order to measure time in this method, the rotational frequency and the load are adjusted so that the gas stream which passes a catalyst may become fixed. In this case, in the 1st operational status which has the lambda value 0.95 or 1.05, i.e., the value [ 1 ] shifted, an engine is driven until it reaches one storage state when a catalyst is thick operation (namely, when it is a value 0.95), or until it reaches at the storage state of another side in thin operation (in namely, the case of a value 1.05).

[0003] The predetermined time which shows that it is time until a catalyst is completely filled with a reduction exhaust gas component for that purpose or this component is completely lost by oxidization is needed. In fact, a catalyst stores oxygen rather than stores a reduction component. Therefore, in thin operation, the reduction component stored does not oxidize, but oxygen is stored. In thick operation, a reduction component is not stored, but the oxygen stored is consumed by oxidization of a reduction component.

[0004] The two final states with the above-mentioned storage state of the catalyst in the 1st above-mentioned operational status on the other hand Therefore, the lambda value from which the engine shifted [ time / start / of the 2nd operational status ] in the other directions in 1 after shifting to whether it is filled about oxygen, or it is made empty, That is, the lambda value which drove by 1.05 or 0.95 and was measured ahead [ catalyst ] by it changes in the corresponding direction, and it is it at the start time and it exceeds a threshold. The time from the time of changing in the lambda value direction where the lambda value measured behind the start time and the catalyst is governing the front of a catalyst, and exceeding the threshold of another side in that case is measured. This time is used as a scale which shows the storage capacity, therefore the aging state of a catalyst.

[0005] Equipment for that has an operational status control unit and timing-measurement equipment, in order to enforce an above-mentioned method.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] the airstream and fitness which were set to fitness, respectively in order for especially the fault of this method to enable it to define storage capacity -- laws -- \*\* -- a lambda -- a value -- it is having to acquire the operational status which it has Therefore, this method and equipment cannot be used by arbitrary steady operational status.

[0007] Therefore, the technical problem of this invention is offering the method and equipment which can define the storage capacity of a catalyst in the arbitrary steady operation states of an internal combustion engine of having a catalyst.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In the method of showing change to thick shell rarefaction and its reverse, in order to solve the above-mentioned technical problem of defining the storage capacity of a catalyst using the signal  $\lambda_V$  and  $\lambda_H$  of an oximetry sensor of the front of a catalyst, or back, respectively  $\Delta\lambda_V(t) = \lambda_V(t) - 1$ ,  $LM(t)$  The air mass flow rate,  $t_S$  which flows also to = engine, therefore a catalyst =  $t_{PS} - (t_{GV} + t_{GKH})$ ,  $t_{PS}$  = The phase shift time of both the measured sensor signal,  $t_{GV}$  = The gas pass time from the sensor ahead of  $K1/LM$  to the start edge of a catalyst,  $t_{GKH}$  Gas pass time from the start edge of a  $=k2/LM$  catalyst to a back sensor,  $k1$  and  $k2$  It considers as arrangement of = sensor, and the constant related to the volume of a catalyst. It was set as an amount to which storage capacity is proportional to the time quadrature of amount of integration  $\Delta\lambda_V(t)$ , and  $LM(t)$ , and the signal of a front sensor was started by  $T_0$  thick shell rarefaction or its time of changing conversely, and this integration adopted the composition by which the aforementioned integration is ended after period  $t_S$ .

[0009] In the equipment in which change to thick shell rarefaction and its reverse is shown by this invention and which defines the storage capacity of a catalyst using the signal  $\lambda_V$  and  $\lambda_H$  of an oxygen measurement sensor of the front of a catalyst, or back, respectively

Moreover,  $t_{PS}$  = The phase shift time of both the measured sensor signal,  $t_{GV}$  = The gas pass time from the sensor ahead of  $K1/LM$  to the start edge of a catalyst,  $t_{GKH}$  Gas pass time from the start edge of a  $=k2/LM$  catalyst to a back sensor,  $k1$  and  $k2$  = it considers as arrangement of a sensor, and the constant related to the volume of a catalyst, and is  $t_S = t_{PS} - (t_{GV} + t_{GKH})$

Time [ to determine storage time  $t_S$  according to a \*\* type ] determination equipment (15),  $\Delta\lambda_V(t) = \lambda_V(t) - 1$ ,  $LM(t)$  It considers as the air mass flow rate which flows also to = engine, therefore a catalyst. It has integration equipment (14) which calculates the time quadrature of amount of integration  $\Delta\lambda_V(t)$ , and  $LM(t)$ . The signal of a front sensor was started by  $T_0$  thick shell rarefaction or its time of changing conversely, and the aforementioned integration was ended after period  $t_S$ , and the aforementioned integration also adopted the composition to which the aforementioned time quadrature is proportional to storage capacity.

[0010]

[Function] When it is going to define correctly not only the value proportional to storage capacity but storage capacity, the amount of  $k3$  and  $\Delta\lambda_V(t)$ , and  $LM(t)$  is used as an amount of integration as that a constant  $k3$  indicates the oxygen content of air to be.

[0011] It is effective if multiplication with this value is performed once after setting  $LM(t)$  to all integration to the value  $LM(T_0)$  at the time of the start of an integration process and integrating with amount  $\Delta\lambda_V(t)$ , in order to simplify calculation.

[0012] It is desirable, when it finds the integral as addition of a value [ DISUKURITO / amount / of integration ], this value is formed at intervals of predetermined sampling period  $t_{AT}$  in that case and it asks for the addition number  $n$  as an integral part of fraction  $t_S/t_{AT}$ , in order to make digital data processing possible.

[0013] According to this invention method and this invention equipment, it does not need to carry out the test run of the utilization-time internal combustion engine specially, but the advantage that each steady operational status by which the phase shift between the signals of the sensor before and behind a catalyst is detected can be used is acquired. Although attention is called here, in steady operation using the new catalyst, this kind of phase shift is undetectable. Since a catalyst changes good, the sensor arranged behind a catalyst is because a lambda 1 is shown continuously. However, if aging progresses and the storage capacity of a catalyst decreases, the buffer capacity which absorbs oxygen and emits oxygen between the thick modes between the thin modes becomes less enough, when the value of an entrance side changes in the result above-mentioned mode, by the outlet side, a value 1 cannot be maintained continuously but, for the reason, the phase shift between above-mentioned sensor signals can be detected in the usual lambda closed-loop-control drive.

[0014] Furthermore, according to this invention method and this invention equipment, the above-mentioned phase shift of a sensor signal does not serve as a scale which shows the storage capacity of a catalyst directly, but the advantage that attention is also further paid to gas pass time is acquired.

[0015] This invention equipment is realized using the microcomputer programmed by corresponding preferably in fact.

[0016]

[Example] Hereafter, this invention is explained in detail using the example shown in a drawing.

[0017] The determination equipment 17 which has lambda sensor 13.h and the integration equipment 14, the time determination equipment 15, and the multiplication equipment 16 of the back prepared behind lambda sensor 13.[ of the front prepared ahead of the engine 10, the catalyst 11, the air mass sensor 12 arranged ahead of an engine 10 and the catalyst 11 ] v and the catalyst is illustrated by especially drawing 1. The trigger signal from the time determination equipment 15 about a start and end of the signal lambda\_V from lambda sensor 13.v and integration of the signal about the air mass flow rate from the air mass sensor 12 and the front is supplied to integration equipment 14. Signal lambda\_V and the signal lambda\_H from back lambda sensor 13.h are supplied to time determination equipment 15.

[0018] In addition, about especially signal lambda\_V, it is important that it changes in proportion to a lambda value. This is because integration equipment can grasp receipts and payments of the oxygen of a catalyst 11 correctly by it. It is not necessary to change with lambda values to alignment about signal lambda\_H to it. The gas behind a catalyst of this sensor is because it is used only in order to detect whether change through which it passes is shown thickly from the rarefaction from the lambda value 1, or the lambda value 1. About this, although there is a difference of a grade according to the kind of sensor used, the voltage signal of the sensor which changes with lambda values nonlinear notably can be used directly.

[0019] In order to explain the function of integration equipment 14, time determination equipment 15, and multiplication equipment 16, drawing 2 is used first. In this drawing and the following explanation, it is shown at the time by T, and the period is shown by t.

[0020] The lambda value signal lambda\_V which shows a fast change in drawing 2 is shown by the solid line. time T -- from [ that the signal of front sensor 13.v is thin at 0 (a lambda value is larger than 1) ] -- being thick (a lambda value being smaller than 1) -- it progresses rapidly time T -- an opposite leap is performed by 1 A gaseous mixture becomes thicker and thicker between T\_0 and T\_1 at the two times. it -- corresponding -- time T -- a gaseous mixture becomes thinner and thinner in the period to T\_0 at the time of the degree following 1

[0021] the signal from back sensor 13.h -- time T -- it investigates whether it is no longer a thin value similarly after [ 0 ] at which time In this case, after the anterior part (gas front) of a thick gaseous mixture passes front lambda sensor 13.v first, it is cautious of period t\_GV being needed by T\_GV the time of reaching a catalyst. A gas front changes the property within a catalyst. Since it oxidizes by the oxygen in which the thick component is stored, a boundary is because it exists between [ instead of between thick exhaust gas and thin exhaust gas ] the exhaust gas of the lambda value 1, and thin exhaust gas. Period t\_GKH is required for this front to pass the distance from the posterior part of a catalyst and a catalyst to back lambda sensor 13.h. At this time, the lambda value of a back sensor progresses rapidly to a value 1 from the value of a thin gaseous mixture in T\_GKH.

[0022] Next, it investigates when the signal of a back sensor progresses rapidly to the value which shows a thick gaseous mixture from a value 1. In this case, storage time t\_S begins from T\_GV at the above-mentioned time, and it is cautious of changing a thick harmful-gas component by emitting the oxygen which the catalyst had stored in this period. In this case, an oxidization process is assumed to be what is carried out to homogeneity covering total storage volume. In this case, if period t\_S passes, the boundary between thick exhaust gas and the exhaust gas of the lambda value 1 will come to the start edge of a catalyst exactly. Gas pass time t\_GKH is needed for the thick exhaust gas which furthermore flows reaching from the start edge of a catalyst to back sensor 13.h. this period -- a time -- T\_PS -- ending -- if -- back -- the signal of a sensor progresses rapidly to the lambda value which shows thick exhaust gas from the lambda value 1

[0023] time T -- period t\_PS between 0 and T\_PS can be measured easily It is because this is the phase shift of the signal of both sensor 13.v and 13.h. This period is obtained by adding period t\_S, and t\_GKH. The following formula is materialized about storage time t\_S which finally poses a problem.

[0024]

$$t_S = t_{PS} - (t_{GV} + t_{GKH}) \quad (1)$$

Amount t\_PS is measured in this formula and gas passage period t\_GV and t\_GKH are calculated as

$k1/LM$  or  $k2/LM$  from a constant  $k1$ , or  $k2$  and the air mass signal  $LM$ . The value of a constant is related to geometrical arrangement of an exhaust gas way and a catalyst, and a catalyst and the distance of a sensor. In this case, it is assumed that the air mass signal  $LM(t)$  is regularity between the effective whole period. This corresponds by good approximation, because, almost steady operational status -- existing -- time  $T_1$  -- the period between 0 and  $T_1$  is because it is usually about 1 second in drawing 2. About  $LM$ , the value  $LM(T_0)$  is used by this example.

[0025] The actual storage capacity  $SPV$  of a catalyst is called for by integrating with the amount of oxygen stored in the period, when the amount of oxygen consumed between storage time  $t_S$  when thick exhaust gas is supplied, or thin exhaust gas flows. Therefore, the following formula is materialized.

[0026]

[Equation 1]

$$SPV = \int_{t=T_0}^{T_0+t_S} (k3 \cdot \Delta\lambda_V(t) \cdot LM(t)) dt \quad (2)$$

[0027] However,  $\Delta\lambda_V(t)$  has value  $\lambda_V(t)-1$ , and  $k3$  shows the rate of the oxygen in air. integration -- time  $T_1$  -- it starts by  $T_GV$  the time of the gaseous mixture measured by 0 reaching a catalyst -- not having -- time  $T_1$  -- it is started by 0 It is because a gaseous mixture effective in the quantity-to-be-stored change within a catalyst is detected from this time.

[0028] As already explained, it is significant to set  $LM(t)$  as the predetermined value  $LM(T_0)$ . time  $T_1$  -- other values measured between 0 and  $T_1$  can also be used The value of a constant  $k3$  can be arbitrarily set as 1, when the exact amount of the oxygen which can be stored does not pose a problem but only the amount proportional to exact storage capacity becomes a problem. In this case, the following formula is materialized.

[0029]

[Equation 2]

$$SPV = LM(T_0) - \int_{t=T_0}^{T_0+t_S} \Delta\lambda_V(t) dt \quad (3)$$

[0030] When processing data in digital one, integration is formed of addition of the augend formed after progress of predetermined sampling period  $t_AT$ , respectively. In this case, the sampling of a  $n=t_S/t_AT$  individual, therefore an augend are obtained in storage time  $t_S$ . (2) The following formula is materialized from a formula.

[0031]

[Equation 3]

$$SPV = \sum_{m=1}^n k3 \cdot \Delta\lambda_V(T_m) \cdot LM(T_m) \quad (4)$$

[0032] (3) It is [0033] as easiest addition formula from a formula.

[Equation 4]

$$SPV = LM(T_0) + \sum_{m=1}^n \Delta\lambda_V(T_m) \quad (5)$$

[0034] \*\*\*\*\*. (4) and (5) -- setting --  $T_m$  -- time  $T_1$  -- the sampling time between  $T_0+t_S$  is indicated to be 0 at the time

[0035] Above-mentioned explanation is thickly [ thin shell ] applied about the leap through which it passes. In drawing 2, although exact time transition about what it passes thin and is conversely progressed rapidly is not shown since thick, it is clear that an above-mentioned process is repeated by the mirror symmetry by the same time pattern to the straight line of the lambda value 1.

[0036] Next, how to determine the storage capacity of a catalyst 11 as drawing 3 using 4 is explained. This method can be enforced with the determination equipment 17 of drawing 1 . A

formula (5) is used by this method. Before being started first, the defective counter FZ and the inspection counter PZ are set to zero, respectively, and the defective flag FFL is reset.

[0037] Processing of drawing 3 is always started, when the steady operational status of an internal combustion engine 10 exists and the defective flag is reset. s3 is first passed from Step s1. The concrete content is shown in drawing 3. In these steps, the change to the thick shell rarefaction in a front sensor or its reverse (phase change) is stood by. When change of this kind occurs, the value LM (T\_0) of the air mass flow rate signal LM (T\_0) is measured, and various values are calculated based on this value.

[0038] Next, the phase change in a back sensor is stood by. When this kind of phase change does not occur within a predetermined period, processing returns at the start time. This period is 0.5 to 3 seconds typically with regards to the operational status of an engine. During the whole term until a phase change occurs by the back sensor, the signal lambda\_V of a front sensor is sampled for every time interval t\_AS, and all the sampled values are stored. Above-mentioned explanation is equivalent to s7 from Step s4. In Step s8, the sum total is formed according to a formula (5) using the stored value.

[0039] Next, a defective routine continues and the content is indicated by Steps s9-s15. The storage capacity first calculated at Step s8 is measured with a threshold. When less than a threshold, the increment of the defective counter FZ is carried out. When 5 times of defects are detected among ten measurement (counting is carried out by the inspection counter PZ), processing is ended by telling a defect. When that is not right, it is again started from the beginning. It does not explain how this defective information output is performed concretely here. Only the method of how the value about the storage capacity of a catalyst is acquired is important, and it is because it does not become a problem about for what purpose it is used after that.

[0040] In the defective information step s12, in spite of having already detected the defect, in order to prevent that processing is newly started, the defective flag FFL is set. This flag is reset when catalysts are exchanged in a repair shop.

[0041] The flow of above-mentioned processing can be changed to various methods. It being important for processing of this invention is only calculating storage capacity using the amount of the oxygen which is absorbed or is emitted between period t\_S required to empty the oxygen of a catalyst or fill oxygen for a catalyst, and this period. The start of this period is determined using the time of the phase change in a front sensor, and it opts for the end of this period from phase shift period t\_PS defined as mentioned above, above-mentioned gas passage period t\_GV, and t\_GKH.

[0042] An above-mentioned method and above-mentioned equipment function especially that it is made to detect storage capacity good, only when [ in / a front sensor / in the shift in a back sensor ] it passes thick shell thin, respectively or belongs to the shift to the reverse. that is, it was absorbed in that case -- it is -- it is -- since the integration which defines the emitted amount of oxygen is performed only by crossing it to comparatively short operation time, it is accidentally crossed and extended to shift of a large number in a front sensor, or it is not expanded accidentally and only independent shift corresponds to a back sensor Since this condition is kept as certainly as possible, a judgment of Step s6 is made.

[0043]

[Effect of the Invention] According to this invention, in the arbitrary steady operation states of an internal combustion engine, the storage capacity of a catalyst can be defined so that clearly from the above explanation.

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**PRIOR ART**

[Description of the Prior Art] In order to define the aging state or storage capacity of a catalyst, much the methods and equipment which used the signal of the oximetry sensor by which one side had been arranged ahead of the catalyst, and another side has been arranged back are known. That there is relation especially in the following explanation is the method and equipment which are indicated by DE-A -2444334 (US-A -3969932). This method is enforced in the internal combustion engine which has lambda closed-loop-control equipment, and in order to measure time in this method, the rotational frequency and the load are adjusted so that the gas stream which passes a catalyst may become fixed. In this case, in the 1st operational status which has the lambda value 0.95 or 1.05, i.e., the value [ 1 ] shifted, an engine is driven until it reaches one storage state when a catalyst is thick operation (namely, when it is a value 0.95), or until it reaches at the storage state of another side in thin operation (in namely, the case of a value 1.05).

[0003] The predetermined time which shows that it is time until a catalyst is completely filled with a reduction exhaust gas component for that purpose or this component is completely lost by oxidization is needed. In fact, a catalyst stores oxygen rather than stores a reduction component. Therefore, in thin operation, the reduction component stored does not oxidize, but oxygen is stored. In thick operation, a reduction component is not stored, but the oxygen stored is consumed by oxidization of a reduction component.

[0004] On the other hand, the two final states with the above-mentioned storage state of the catalyst in the 1st above-mentioned operational status should follow, and be related with oxygen. After shifting to whether it is filled or it is made empty, the lambda value which drove the engine from the start time of the 2nd operational status by the lambda value which shifted in the other directions in 1, 1.05 [ i.e., ], and 0.95, and was measured ahead [ catalyst ] by it changes in the corresponding direction, and it is it at the start time and it exceeds a threshold. The time from the time of changing in the lambda value direction where the lambda value measured behind the start time and the catalyst is governing the front of a catalyst, and exceeding the threshold of another side in that case is measured. This time is used as a scale which shows the storage capacity, therefore the aging state of a catalyst.

[0005] Equipment for that has an operational status control unit and timing-measurement equipment, in order to enforce an above-mentioned method.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline block diagram of equipment which defines the storage capacity of an internal combustion engine and a catalyst which has a catalyst.

[Drawing 2] It is the diagram which carries out outline illustration of the time property of the lambda value measured by the sensor the front (solid line) of a catalyst, or behind a catalyst (dotted line).

[Drawing 3] It is a flow chart view explaining the method enforced by the equipment shown in drawing 1.

[Drawing 4] It is a flow chart view explaining the method enforced by the equipment shown in drawing 1.

[Description of Notations]

10 Internal Combustion Engine

11 Catalyst

12 Air-Content Sensor

13. V Front Lambda Sensor

13.h A back lambda sensor

14 Integration Equipment

15 Time Determination Equipment

16 Multiplication Equipment

17 Determination Equipment

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

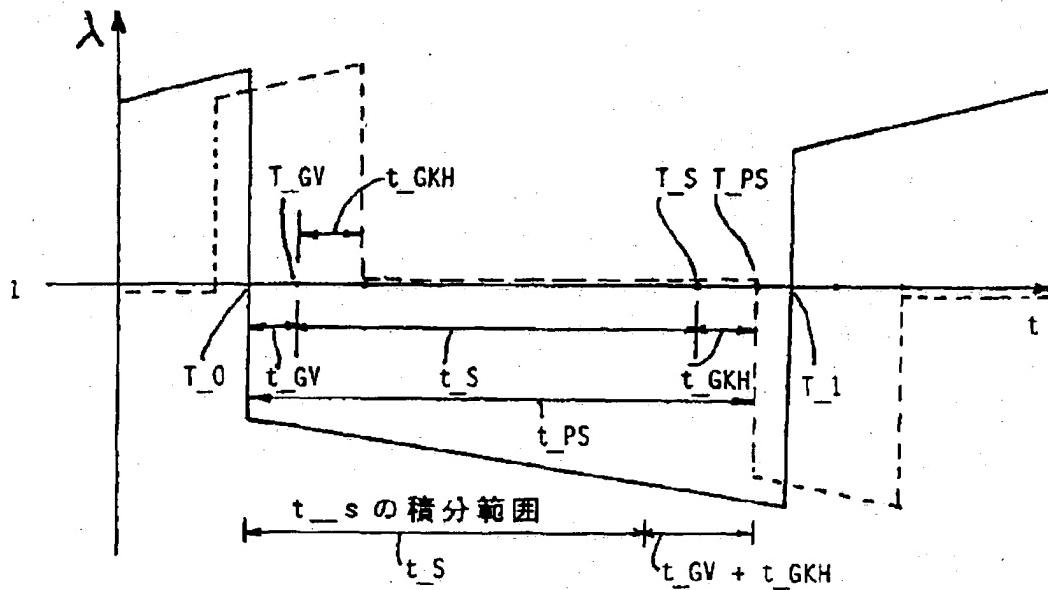
Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 2]

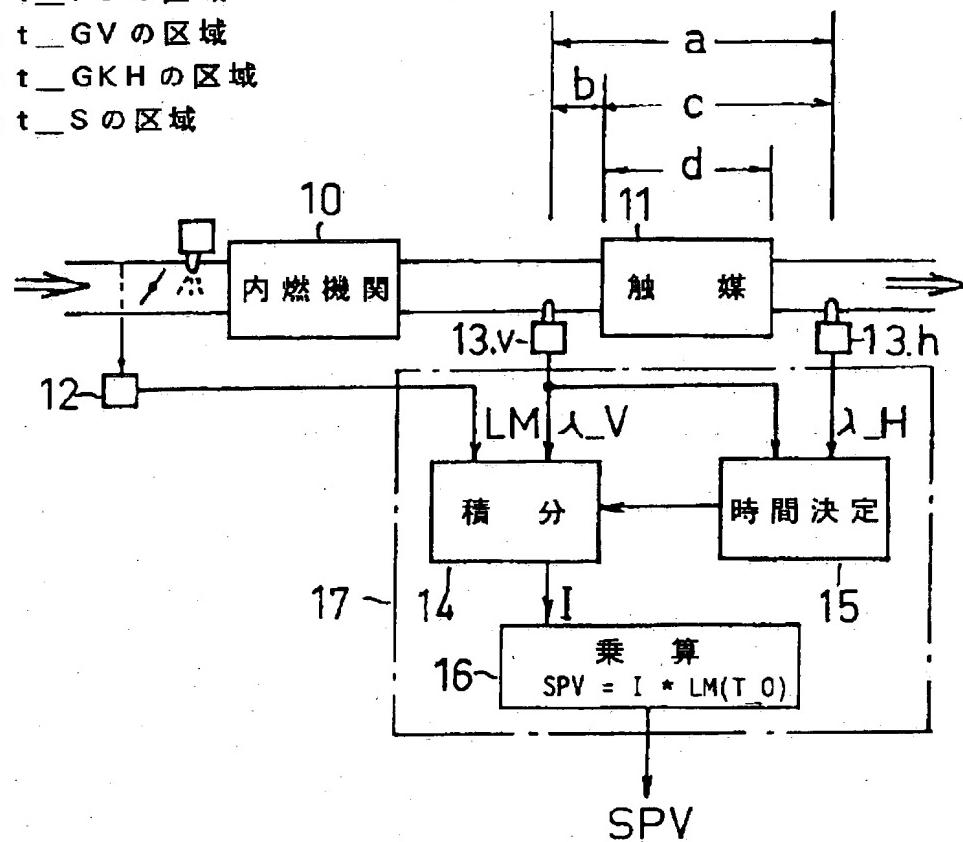
Fig. 2



[Drawing 1]

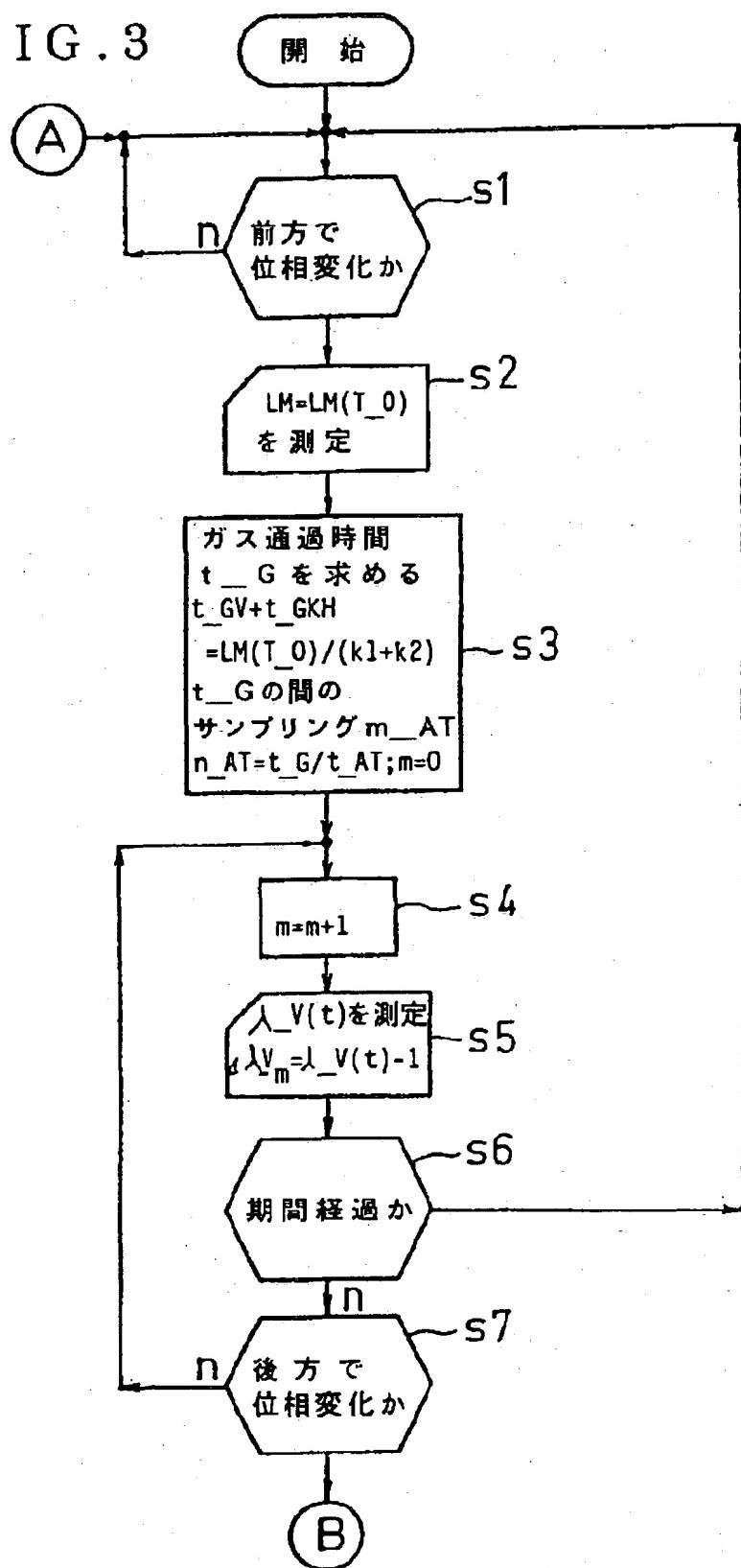
Fig.1

a : t\_PS の区域  
 b : t\_GV の区域  
 c : t\_GKH の区域  
 d : t\_S の区域



[Drawing 3]

FIG. 3



[Drawing 4]

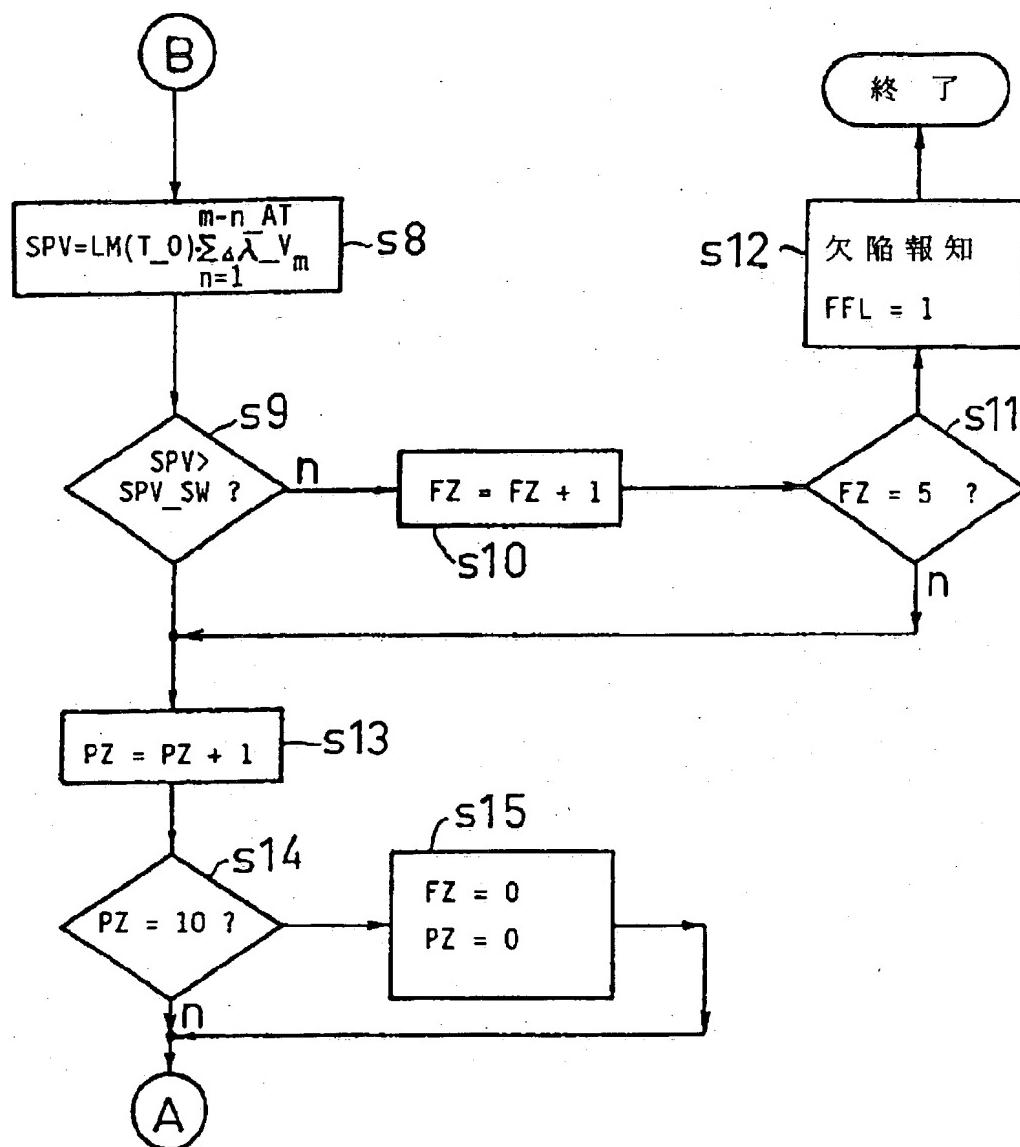


FIG. 4

---

[Translation done.]

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 7月10日

出願番号

Application Number: 特願2002-201544

[ ST.10/C ]:

[ J P 2002-201544 ]

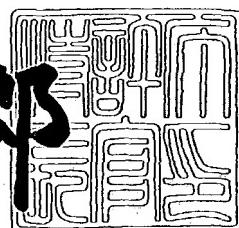
出願人

Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

2002年11月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3094352

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA02-040

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F02D 41/14

F02D 45/00

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 加本 明

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 永井 俊成

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 大井 康広

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 足立 奘保

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 井手 宏二

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 小林 大介

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 岡崎 俊太郎

## 【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 加藤 直人

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 内田 孝宏

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088971

【弁理士】

【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100115185

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 慎治

【選任した代理人】

【識別番号】 100115233

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 俊一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 触媒劣化判定方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の排気通路に配設された触媒と、

前記触媒よりも下流の前記排気通路に配設された触媒下流空燃比センサと、

を備えた内燃機関の排気浄化装置に適用される触媒劣化判定方法であって、

前記触媒の酸化還元能力の程度に応じて変化する酸化還元能力指標値を取得し

前記触媒が内部に酸素を吸収し得る限界まで酸素を吸収するように前記触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリーンな空燃比に制御し、

その後、前記触媒上流の空燃比を、前記触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリッチであって前記酸化還元能力指標値に応じて変更されるリッチ空燃比に制御し、

前記触媒上流の空燃比が前記リッチ空燃比に制御されていることをを利用して前記触媒の最大酸素吸収量を推定し、

前記推定した触媒の最大酸素吸収量に基いて前記触媒が劣化しているか否かを判定する触媒劣化判定方法。

【請求項2】

内燃機関の排気通路に配設された第1触媒と、

前記第1触媒よりも下流の前記排気通路に配設された第1触媒下流空燃比センサと、

前記第1触媒下流空燃比センサよりも下流の前記排気通路に配設された第2触媒と、

前記第2触媒よりも下流の前記排気通路に配設された第2触媒下流空燃比センサと、

を備えた内燃機関の排気浄化装置に適用される触媒劣化判定方法であって、

前記第1触媒の酸化還元能力の程度、及び／又は前記第2触媒の酸化還元能力の程度に応じて変化する酸化還元能力指標値を取得し、

前記第1触媒が内部に酸素を吸収し得る限界まで酸素を吸収するとともに、前記第2触媒が内部に酸素を吸収し得る限界まで酸素を吸収するように前記第1触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリーンな空燃比に制御し、

その後、前記第1触媒上流の空燃比を、前記第1触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリッチな第1リッチ空燃比に制御し、

その後、前記第1触媒上流の空燃比を、前記第2触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリッチであって前記酸化還元能力指標値に応じて変更される第2リッチ空燃比に制御し、

前記第1触媒上流の空燃比が前記第1リッチ空燃比に制御されていることを利用して前記第1触媒の最大酸素吸収量を推定し、

前記第1触媒上流の空燃比が前記第2リッチ空燃比に制御されていることを利用して前記第2触媒の最大酸素吸収量を推定し、

前記推定した第1触媒の最大酸素吸収量及び前記推定した第2触媒の最大酸素吸収量の少なくとも一つに基いて、前記第1触媒及び前記第2触媒のうちの少なくとも一つ及び／又は同第1触媒及び同第2触媒からなる触媒装置が劣化しているか否かを判定する触媒劣化判定方法。

【請求項3】

請求項2に記載の触媒劣化判定方法において、

前記第1リッチ空燃比は、前記第2リッチ空燃比よりもリッチな空燃比であることを特徴とする触媒劣化判定方法。

【請求項4】

内燃機関の排気通路に配設された触媒と、

前記触媒よりも下流の前記排気通路に配設された触媒下流空燃比センサと、

を備えた内燃機関の排気浄化装置に適用される触媒劣化判定方法であって、

前記触媒の酸化還元能力の程度に応じて変化する酸化還元能力指標値を取得し

前記触媒が内部に吸収している酸素を完全に放出するように前記触媒上流の空

燃比を理論空燃比よりもリッチな空燃比に制御し、

その後、前記触媒上流の空燃比を、前記触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリーンであって前記酸化還元能力指標値に応じて変更されるリーン空燃比に制御し、

前記触媒上流の空燃比が前記リーン空燃比に制御されていることを利用して前記触媒の最大酸素吸収量を推定し、

前記推定した触媒の最大酸素吸収量に基いて前記触媒が劣化しているか否かを判定する触媒劣化判定方法。

【請求項5】

内燃機関の排気通路に配設された第1触媒と、

前記第1触媒よりも下流の前記排気通路に配設された第1触媒下流空燃比センサと、

前記第1触媒下流空燃比センサよりも下流の前記排気通路に配設された第2触媒と、

前記第2触媒よりも下流の前記排気通路に配設された第2触媒下流空燃比センサと、

を備えた内燃機関の排気浄化装置に適用される触媒劣化判定方法であって、

前記第1触媒の酸化還元能力の程度、及び／又は前記第2触媒の酸化還元能力の程度に応じて変化する酸化還元能力指標値を取得し、

前記第1触媒が内部に吸収している酸素を完全に放出するとともに、前記第2触媒が内部に吸収している酸素を完全に放出するように前記第1触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリッチな空燃比に制御し、

その後、前記第1触媒上流の空燃比を、前記第1触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリーンな第1リーン空燃比に制御し、

その後、前記第1触媒上流の空燃比を、前記第2触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリーンであって前記酸化還元能力指標値に応じて変更される第2リーン空燃比に制御し、

前記第1触媒上流の空燃比が前記第1リーン空燃比に制御されていることを利用して前記第1触媒の最大酸素吸収量を推定し、

前記第1触媒上流の空燃比が前記第2リーン空燃比に制御されていることを利用して前記第2触媒の最大酸素吸収量を推定し、

前記推定した第1触媒の最大酸素吸収量及び前記推定した第2触媒の最大酸素吸収量の少なくとも一つに基いて、前記第1触媒及び前記第2触媒のうちの少なくとも一つ及び／又は同第1触媒及び同第2触媒からなる触媒装置が劣化しているか否かを判定する触媒劣化判定方法。

【請求項6】

請求項5に記載の触媒劣化判定方法において、

前記第1リーン空燃比は、前記第2リーン空燃比よりもリーンな空燃比であることを特徴とする触媒劣化判定方法。

【請求項7】

請求項1乃至請求項6のいずれか一項に記載の触媒劣化判定方法であって、

前記触媒劣化判定方法が適用される内燃機関の排気浄化装置は、前記触媒又は前記第1触媒よりも上流の前記排気通路に配設された触媒上流空燃比センサと、前記触媒上流空燃比センサの異常を検出する触媒上流空燃比センサ異常検出手段とを備え、

前記触媒又は前記第1触媒及び前記第2触媒の最大酸素吸収量を推定するにあたり、前記触媒上流空燃比センサの出力に基いて同触媒又は同第1触媒及び同第2触媒の最大酸素吸収量を推定し、

前記推定された最大酸素吸収量に基いて判定対象である触媒が劣化しているという判定をすべき状態にあり、且つ前記触媒上流空燃比センサの異常が検出されている場合には同触媒が劣化しているという判定を行わず、前記推定された最大酸素吸収量に基いて前記判定対象である触媒が劣化していないという判定をすべき状態にある場合には同触媒上流空燃比センサの異常が検出されているか否かに拘わらず同触媒が劣化していないという判定を行う触媒劣化判定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の排気通路に配設された触媒が劣化したか否かを判定するための触媒劣化判定方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来より、内燃機関の排気ガスを浄化するための三元触媒（本明細書においては、単に「触媒」と云うこともある。）が、同機関の排気通路に配設されている。この三元触媒は、未燃成分（H C, C O）を酸化する機能（酸化機能）と窒素酸化物（N O x）を還元する機能（還元機能）を有し、この酸化還元機能により上記未燃成分や窒素酸化物等の有害成分を浄化することができる。

## 【0003】

このような触媒の酸化還元機能による有害成分の浄化効率は、機関の空燃比が理論空燃比近傍に近づくにつれて高くなることが知られており、機関の空燃比を理論空燃比を含んだ所定の幅（以下、「ウインドウ幅」と称呼する。）内に維持すれば同浄化効率を所定の高い値以上に維持することができる。

## 【0004】

更に、三元触媒は、流入するガスの空燃比がリッチである場合に貯蔵している酸素により H C, C O 等の未燃成分を酸化する機能（酸素放出機能）と、流入するガスの空燃比がリーンである場合に窒素酸化物（N O x）を還元して同 N O x から奪った酸素を内部に貯蔵する機能（酸素吸蔵機能）を有している。この酸素吸蔵放出機能により、三元触媒は、機関の空燃比が理論空燃比から偏移した場合でも、上記未燃成分や窒素酸化物等の有害成分を浄化することができる。従って、三元触媒が貯蔵し得る酸素量（以下、「酸素吸蔵量」と称呼する。）の最大値（以下、「最大酸素吸蔵量」と称呼する。）が大きいほど、三元触媒の浄化能力は高くなる。

## 【0005】

一方、触媒は燃料中に含まれる鉛や硫黄等による被毒、或いは触媒に加わる熱により劣化し、触媒の劣化が進行するほど最大酸素吸蔵量は低下する。従って、触媒の最大酸素吸蔵量が推定できれば、同推定した最大酸素吸蔵量に基いて同触

媒が劣化したか否かを判定することができる。

## 【0006】

特開平5-133264号公報の触媒劣化度検出装置は、このような知見に基いてなされたものであって、機関の空燃比をリーンな空燃比から所定のリッチ空燃比（又は、リッチな空燃比から所定のリーン空燃比）に強制的に変化させ、その際における触媒下流に配置した空燃比センサの出力の変化に基いて同触媒の最大酸素吸蔵量を推定し、同推定した最大酸素吸蔵量に基いて同触媒の劣化度を検出するようになっている。

## 【0007】

より具体的に述べると、上記開示された装置は、触媒上流の空燃比をリーンな空燃比に制御して酸素吸蔵量を最大酸素吸蔵量としておき、その後、同触媒の空燃比を所定のリッチ空燃比に制御し、触媒の酸素吸蔵量が「0」となって触媒下流の空燃比センサの出力がリッチへと変化（以下、同出力がリッチへと変化する時点のことを「空燃比センサ出力リッチ反転時」と称呼する。）するまでの時間と同触媒内で単位時間当たりに放出（消費）された酸素量とを乗じることで、同最大酸素吸蔵量を推定する（以下、この推定方法を「リッチ空燃比による推定方法」と称呼する。）。或いは、触媒上流の空燃比をリッチな空燃比に制御して触媒の酸素吸蔵量を「0」にしておき、その後、同触媒の空燃比を所定のリーン空燃比に制御し、触媒の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量以上となって触媒下流の空燃比センサの出力がリーンへと変化（以下、同出力がリーンへと変化する時点のことを「空燃比センサ出力リーン反転時」と称呼する。）するまでの時間と同触媒に単位時間当たりに流入した酸素量とを乗じることで、同最大酸素吸蔵量を推定する（以下、この推定方法を「リーン空燃比による推定方法」と称呼する。）。即ち、この装置は、触媒下流の空燃比センサの出力変化と、前記所定のリーン空燃比、又は前記所定のリッチ空燃比とを少なくとも利用して最大酸素吸蔵量を求めるのである。

## 【0008】

上述したリッチ空燃比による推定方法により触媒の最大酸素吸蔵量を推定する場合、上記所定のリッチ空燃比の混合気の供給は上記空燃比センサ出力リッチ反

転時まで継続される。この場合、空燃比センサ出力リッチ反転時に触媒の最大酸素吸蔵量は推定されるから、もはや触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリッチな空燃比に維持する必要はない。また、この空燃比センサ出力リッチ反転時の直後において、触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリッチな空燃比に維持すると、触媒の酸素吸蔵量は「0」となっており同触媒の酸素放出機能が働かないから、未燃のCO, HCが排出され易くなる。従って、空燃比センサ出力リッチ反転後においては、触媒上流の空燃比を理論空燃比とするか、或いは、再度、最大酸素吸蔵量を推定する必要があるなどの場合、同触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリーン側の空燃比とすることが好適である。

## 【0009】

しかしながら、空燃比センサ出力リッチ反転時には、内燃機関の排気ポートから触媒下流空燃比センサまでの排気通路及び触媒が形成する空間内に所定のリッチ空燃比のガスが充填されている。この場合、所定のリッチ空燃比が上記ウインドウ幅の下限値よりも大きく下回っているリッチ空燃比であるとすると、この充填されたガスに含まれる未燃CO, HCの量が多く、また、触媒の酸素放出機能が働かない状態であってかつ同触媒の酸化機能による未燃CO, HCの浄化効率も低下しているので、空燃比センサ出力リッチ反転後における触媒上流の空燃比を理論空燃比又は理論空燃比よりもリーンな空燃比としても、同空燃比センサ出力リッチ反転時の直後において未燃CO, HCが大量に大気中に排出されてしまう。

## 【0010】

従って、上述したリッチ空燃比による推定方法により触媒の最大酸素吸蔵量を推定する場合には、空燃比センサ出力リッチ反転時の直後における未燃CO, HCの排出量を低減するため上記所定のリッチ空燃比を理論空燃比よりもリッチであってウインドウ幅の下限値以上の空燃比に設定することが好適である。

## 【0011】

同様に、上述したリーン空燃比による推定方法により触媒の最大酸素吸蔵量を推定する場合、上記所定のリーン空燃比の混合気の供給は上記空燃比センサ出力リーン反転時まで継続される。この場合、空燃比センサ出力リーン反転時に触

媒の最大酸素吸蔵量は推定されるから、もはや触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリーンな空燃比に維持する必要はない。また、この空燃比センサ出力リーン反転時の直後において、触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリーンな空燃比に維持すると、触媒の酸素吸蔵量は最大酸素吸蔵量となっており同触媒の酸素吸蔵機能が働かないから、窒素酸化物NO<sub>x</sub>が排出され易くなる。従って、空燃比センサ出力リーン反転後においては、触媒上流の空燃比を理論空燃比とするか、或いは、再度、最大酸素吸蔵量を推定する必要があるなどの場合、同触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリッチ側の空燃比とすることが好適である。

## 【0012】

しかしながら、空燃比センサ出力リーン反転時には、内燃機関の排気ポートから触媒下流空燃比センサまでの排気通路及び触媒が形成する空間内に所定のリーン空燃比のガスが充填されている。この場合、所定のリーン空燃比が上記ウインドウ幅の上限値よりも大きく上回っているリーン空燃比であるとすると、この充填されたガスに含まれる窒素酸化物NO<sub>x</sub>の量が多く、また、触媒の酸素吸蔵機能が働かない状態であってかつ同触媒の還元機能による窒素酸化物NO<sub>x</sub>の浄化効率も低下しているので、空燃比センサ出力リーン反転後における触媒上流の空燃比を理論空燃比又は理論空燃比よりもリッチな空燃比としても、同空燃比センサ出力リーン反転時の直後において窒素酸化物NO<sub>x</sub>が大量に大気中に排出されてしまう。

## 【0013】

従って、上述したリーン空燃比による推定方法により触媒の最大酸素吸蔵量を推定する場合には、空燃比センサ出力リーン反転時の直後における窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量を低減するため上記所定のリーン空燃比を理論空燃比よりもリーンであってウインドウ幅の上限値以下の空燃比に設定することが好適である。

## 【0014】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、触媒の劣化が進行するほど、最大酸素吸蔵量が低下するのみならず、同一空燃比に対する同触媒の酸化還元機能による有害成分の浄化効率（酸化還元能力）も低下し同触媒のウインドウ幅も狭くなることが知られている。また、

触媒の温度によっても同一空燃比に対する同触媒の酸化還元機能による有害成分の浄化効率及び同触媒のウインドウ幅が変化することが知られている。

## 【0015】

従って、ウインドウ幅が一定であり、且つ、上記所定のリッチ空燃比が同ウインドウ幅内であって同ウインドウ幅の下限値近傍の一定の空燃比又は上記所定のリーン空燃比が同ウインドウ幅内であって同ウインドウ幅の上限値近傍の一定の空燃比であるものとして上記リッチ空燃比による推定方法又は上記リーン空燃比による推定方法により触媒の最大酸素吸蔵量を推定すると、触媒の劣化が進行したとき所定のリッチ空燃比又は所定のリーン空燃比がウインドウ幅から外れた空燃比となり、触媒下流空燃比センサの出力反転時の直後における有害成分の排出量を低減することができなくなるという問題がある。

## 【0016】

これに対し、所定のリッチ空燃比又は所定のリーン空燃比を予め理論空燃比に近い空燃比として設定すれば、触媒下流空燃比センサの出力反転時の直後における有害成分の排出量を低減できるが、これでは、触媒上流の空燃比を所定のリッチ空燃比又はリーン空燃比に制御し始めてから触媒下流空燃比センサの出力反転時までの時間（即ち、触媒の最大酸素吸蔵量を算出するための期間）が長くなってしまうという問題がある。

## 【0017】

従って、本発明の目的は、有害成分の排出量を極力低減しつつ比較的短期間で最大酸素吸蔵量を推定し、同最大酸素吸蔵量に基いて触媒が劣化したか否かを判定することが可能な触媒劣化判定方法を提供することにある。

## 【0018】

## 【本発明の概要】

上記目的を達成するため、本発明の第1の特徴に係る触媒劣化判定方法においては、内燃機関の排気通路に配設された触媒と、前記触媒よりも下流の前記排気通路に配設された触媒下流空燃比センサとを備えた内燃機関の排気浄化装置を前提とし、先ず、前記触媒の酸化還元能力の程度に応じて変化する劣化指標値を取得し、前記触媒が内部に酸素を吸蔵し得る限界まで酸素を吸蔵するように前記触

媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリーンな空燃比に制御する。

【0019】

次いで、前記触媒上流の空燃比を、前記触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリッチであって前記酸化還元能力指標値に応じて変更されるリッチ空燃比に制御し、前記触媒上流の空燃比が前記リッチ空燃比に制御されていることをを利用して前記触媒の最大酸素吸蔵量を推定する。つまり、前記リッチ空燃比のガスにより放出（消費）される酸素量に基いて触媒の最大酸素吸蔵量を推定する。

【0020】

そして、前記推定した触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記触媒が劣化しているか否かを判定する。ここにおいて、「酸化還元能力指標値」は、触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値又は同触媒の温度に応じて変化する値であることが好適であり、さらには、上記方法により既に推定されている前記触媒の最大酸素吸蔵量に基いた値であることが好適であるが、例えば、触媒の上流側空燃比センサの出力が描く軌跡長と同触媒の下流側空燃比センサの出力が描く軌跡長との比（軌跡比）であってもよく、これらに限定されない。

【0021】

これによれば、酸化還元能力指標値が示す触媒の酸化還元能力の程度（例えば、触媒の劣化の程度）に応じて前記リッチ空燃比を変更し得る。また、先に述べたように、触媒の劣化が進行するほど触媒のウインドウ幅は狭くなる。従って、例えば、触媒の劣化の程度に拘わらず前記リッチ空燃比を触媒のウインドウ幅内であって同ウインドウ幅の下限値近傍の空燃比に維持することができる。

【0022】

この結果、触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点の直後における触媒の酸化機能による未燃CO, HCの浄化効率が所定の高い値以上に維持され、同時点の直後における未燃CO, HCの排出量が極力低減されるとともに、前記リッチ空燃比が理論空燃比から極力離れた空燃比に設定され、前記リッチ空燃比が予め理論空燃比に近いリッチな空燃比に設定される場合に比して触媒の最大酸素吸蔵量の算出期間が短縮され得る。

## 【0023】

ところで、内燃機関の始動直後の排気ガスを浄化するととともに、完全暖機後の排気浄化性能を一層向上するため、機関の排気通路にスタート・コンバータと云われる比較的小容量の第1触媒を配設するとともに、第1触媒よりも下流の排気通路にアンダ・フロア・コンバータと云われる比較的容量の大きい第2触媒を配設する構成が採用されることがある。この場合、第1触媒は第2触媒に比べて機関の排気ポートに近い位置に配設され、温度の高い排気ガスが流入するから、始動から短期間内に暖機されて良好な排気浄化機能を発揮する。一方、第2触媒は、第1触媒よりも暖機に要する時間が長いが、その容量が大きいことから、一旦暖機した後においては優れた排気浄化機能を発揮する。

## 【0024】

このように第1触媒と第2触媒が内燃機関の排気通路に直列に配設される場合、本発明の第2の特徴に係る触媒劣化判定方法においては、内燃機関の排気通路に配設された第1触媒と、前記第1触媒よりも下流の前記排気通路に配設された第1触媒下流空燃比センサと、前記第1触媒下流空燃比センサよりも下流の前記排気通路に配設された第2触媒と、前記第2触媒よりも下流の前記排気通路に配設された第2触媒下流空燃比センサとを備えた内燃機関の排気浄化装置を前提とし、先ず、前記第1触媒の酸化還元能力の程度、及び／又は前記第2触媒の酸化還元能力の程度に応じて変化する酸化還元能力指標値を取得し、前記第1触媒が内部に酸素を吸収し得る限界まで酸素を吸収するとともに、前記第2触媒が内部に酸素を吸収し得る限界まで酸素を吸収するように前記第1触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリーンな空燃比に制御する。

## 【0025】

次いで、前記第1触媒上流の空燃比を、前記第1触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリッチな第1リッチ空燃比に制御し、その後、前記第1触媒上流の空燃比を、前記第2触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリッチであって前記劣化指標値に応じて変更される第2リッチ空燃比に制御する。

## 【0026】

そして、前記第1触媒上流の空燃比が前記第1リッチ空燃比に制御されていることをを利用して前記第1触媒の最大酸素吸蔵量を推定する。つまり、第1リッチ空燃比のガスにより放出（消費）される酸素量に基いて第1触媒の最大酸素吸蔵量を推定する。また、前記第1触媒上流の空燃比が前記第2リッチ空燃比に制御されていることをを利用して前記第2触媒の最大酸素吸蔵量を推定する。つまり、第2リッチ空燃比のガスにより放出（消費）される酸素量に基いて第2触媒の最大酸素吸蔵量を推定する。

## 【0027】

そして、前記推定した第1触媒の最大酸素吸蔵量及び前記推定した第2触媒の最大酸素吸蔵量の少なくとも一つに基いて、前記第1触媒及び前記第2触媒のうちの少なくとも一つ及び／又は同第1触媒及び同第2触媒からなる触媒装置が劣化しているか否かを判定する。

## 【0028】

この場合、上記本発明の第2の特徴に係る触媒劣化判定方法においては、前記推定した第1触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第1触媒が劣化しているか否かを判定すること、前記推定した第2触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第2触媒が劣化しているか否かを判定すること、前記推定した第1触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第1触媒が劣化しているか否かを判定することに加えて前記推定した第2触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第2触媒が劣化しているか否かを判定すること、前記推定した第1触媒の最大酸素吸蔵量及び前記推定した第2触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第1触媒及び前記第2触媒からなる触媒装置が劣化しているか否かを判定することの任意の一つ、又は一つ以上を行うように構成されることが好適である。

## 【0029】

また、「酸化還元能力指標値」は、前記第1触媒の劣化の程度及び／又は前記第2触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値、又は同第1触媒の温度及び／又は同第2触媒の温度に応じて変化する値であることが好適であり、さらには、上記方法により既に推定されている前記第1触媒の最大酸素吸蔵量、及び／又

は既に推定されている前記第2触媒の最大酸素吸蔵量に基いた値（例えば、上記方法により既に推定されている前記第1触媒の最大酸素吸蔵量と既に推定されている前記第2触媒の最大酸素吸蔵量との和の値）であることが好適であるが、これらに限定されない。また、前記第1リッチ空燃比は、例えば、前記第2リッチ空燃比と同一の空燃比であってもよい。

## 【0030】

これによれば、第1触媒が吸蔵している酸素を消費し尽くした時点を第1触媒下流空燃比センサの出力変化により確実に検知できるので、第1触媒の最大酸素吸蔵量を精度良く推定することができ、また、第2触媒が吸蔵している酸素を消費し尽くした時点を第2触媒下流空燃比センサの出力変化により確実に検知できるので、第2触媒の最大酸素吸蔵量を精度良く推定することができる。

## 【0031】

また、上記した本発明の第1の特徴に係る触媒劣化判定方法と同様、酸化還元能力指標値が示す第1触媒の酸化還元能力の程度及び／又は第2触媒の酸化還元能力の程度（例えば、第1触媒の劣化の程度及び／又は第2触媒の劣化の程度）に応じて第2リッチ空燃比を変更し得る。また、先に述べたように、第1、第2触媒の劣化が進行するほど同第1、第2触媒の各々のウインドウ幅は狭くなる。従って、例えば、第1、第2触媒の劣化の程度に拘わらず第2リッチ空燃比を同第1触媒及び同第2触媒からなる触媒装置としてのウインドウ幅内であって同ウインドウ幅の下限値近傍の空燃比に維持することができる。

## 【0032】

この結果、第2触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点の直後における前記触媒装置の酸化機能による未燃CO、HCの浄化効率が所定の高い値以上に維持され、同時点の直後における未燃CO、HCの排出量が極力低減されるとともに、第2リッチ空燃比が理論空燃比から極力離れた空燃比に設定され、同第2リッチ空燃比が予め理論空燃比に近いリッチな空燃比に設定される場合に比して第2触媒の最大酸素吸蔵量の算出期間（従って、第1触媒及び第2触媒の最大酸素吸蔵量算出期間）が短縮され得る。

## 【0033】

上記した本発明の第2の特徴に係る触媒劣化判定方法においては、前記第1リッチ空燃比が、前記第2リッチ空燃比よりもリッチな空燃比（即ち、理論空燃比よりもリッチな空燃比であって第2リッチ空燃比よりも理論空燃比から外れた空燃比）に設定されることが好適である。

## 【0034】

第1触媒上流の空燃比が第1リッチ空燃比に制御されている期間においては、第1触媒の酸素が同第1触媒に流入する未燃CO, HCの酸化のために消費されることにより、同第1触媒の酸素吸蔵量は時間の経過とともに最大酸素吸蔵量から減少するものの同期間の終了時点までは残存している。一方、この期間の終了時点である第1触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点までは、第1触媒からリッチ空燃比のガスが流出し始めていないので、第2触媒の酸素吸蔵量は最大酸素吸蔵量のまま維持されている。

## 【0035】

従って、例えば、第1リッチ空燃比を上記触媒装置としてのウインドウ幅の下限値よりある程度下回った空燃比に設定しても、第1触媒上流の空燃比が同第1リッチ空燃比に制御されている期間においては、第1触媒に流入する未燃CO, HCは第1触媒及び第2触媒の酸素放出機能により浄化され、大気中に排出されることはない。

## 【0036】

そこで、上記構成のように、第1リッチ空燃比を第2リッチ空燃比よりもリッチな空燃比に設定するように構成すれば、第1リッチ空燃比が第2リッチ空燃比と同一の空燃比に設定される場合に比して第1触媒の最大酸素吸蔵量の算出期間（従って、第1触媒及び第2触媒の最大酸素吸蔵量算出期間）が短縮され得る。

## 【0037】

本発明の第3の特徴に係る触媒劣化判定方法においては、内燃機関の排気通路に配設された触媒と、前記触媒よりも下流の前記排気通路に配設された触媒下流空燃比センサとを備えた内燃機関の排気浄化装置を前提とし、先ず、前記触媒の酸化還元能力の程度に応じて変化する酸化還元能力指標値を取得し、前記触媒が内部に吸蔵している酸素を完全に放出するように前記触媒上流の空燃比を理論空

燃比よりもリッチな空燃比に制御する。

## 【0038】

次いで、前記触媒上流の空燃比を、前記触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリーンであって前記酸化還元能力指標値に応じて変更されるリーン空燃比に制御し、前記触媒上流の空燃比が前記リーン空燃比に制御されていることをを利用して前記触媒の最大酸素吸収量を推定する。つまり、前記リーン空燃比のガス中の酸素量に基いて触媒の最大酸素吸収量を推定する。

## 【0039】

そして、前記推定した触媒の最大酸素吸収量に基いて前記触媒が劣化しているか否かを判定する。ここにおいて、「酸化還元能力指標値」は、触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値又は同触媒の温度に応じて変化する値であることが好適であり、さらには、上記方法により既に推定されている前記触媒の最大酸素吸収量に基いた値であることが好適であるが、例えば、触媒の上流側空燃比センサの出力が描く軌跡長と同触媒の下流側空燃比センサの出力が描く軌跡長との比（軌跡比）であってもよく、これらに限定されない。

## 【0040】

これによれば、酸化還元能力指標値が示す触媒の酸化還元能力の程度（例えば、触媒の劣化の程度）に応じて前記リーン空燃比を変更し得る。また、先に述べたように、触媒の劣化が進行するほど触媒のウインドウ幅は狭くなる。従って、例えば、触媒の劣化の程度に拘わらず前記リーン空燃比を触媒のウインドウ幅内であって同ウインドウ幅の上限値近傍の空燃比に維持することができる。

## 【0041】

この結果、触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点の直後における触媒の還元機能による窒素酸化物NO<sub>x</sub>の浄化効率が所定の高い値以上に維持され、同時点の直後における窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量が極力低減されるとともに、前記リーン空燃比が理論空燃比から極力離れた空燃比に設定され、前記リーン空燃比が予め理論空燃比に近いリーンな空燃比に設定される場合に比して触媒の最大酸素吸収量の算出期間が短縮され得る

## 【0042】

また、先に説明したように、第1触媒と第2触媒が内燃機関の排気通路に直列に配設される場合、本発明の第4の特徴に係る触媒劣化判定方法においては、内燃機関の排気通路に配設された第1触媒と、前記第1触媒よりも下流の前記排気通路に配設された第1触媒下流空燃比センサと、前記第1触媒下流空燃比センサよりも下流の前記排気通路に配設された第2触媒と、前記第2触媒よりも下流の前記排気通路に配設された第2触媒下流空燃比センサとを備えた内燃機関の排気浄化装置を前提とし、先ず、前記第1触媒の酸化還元能力の程度、及び／又は前記第2触媒の酸化還元能力の程度に応じて変化する酸化還元能力指標値を取得し、前記第1触媒が内部に吸収している酸素を完全に放出するとともに、前記第2触媒が内部に吸収している酸素を完全に放出するように前記第1触媒上流の空燃比を理論空燃比よりもリッチな空燃比に制御する。

## 【0043】

次いで、前記第1触媒上流の空燃比を、前記第1触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリーンな第1リッチ空燃比に制御し、その後、前記第1触媒上流の空燃比を、前記第2触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点まで、理論空燃比よりもリーンであって前記酸化還元能力指標値に応じて変更される第2リーン空燃比に制御する。

## 【0044】

そして、前記第1触媒上流の空燃比が前記第1リーン空燃比に制御されていることをを利用して前記第1触媒の最大酸素吸収量を推定する。つまり、第1リーン空燃比のガス中の酸素量に基いて第1触媒の最大酸素吸収量を推定する。また、前記第1触媒上流の空燃比が前記第2リーン空燃比に制御されていることを利用して前記第2触媒の最大酸素吸収量を推定する。つまり、第2リーン空燃比のガス中の酸素量に基いて第2触媒の最大酸素吸収量を推定する。

## 【0045】

そして、前記推定した第1触媒の最大酸素吸収量及び前記推定した第2触媒の

最大酸素吸蔵量の少なくとも一つに基いて、前記第1触媒及び前記第2触媒のうちの少なくとも一つ及び／又は同第1触媒及び同第2触媒からなる触媒装置が劣化しているか否かを判定する。

## 【0046】

この場合、上記本発明の第4の特徴に係る触媒劣化判定方法においては、前記推定した第1触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第1触媒が劣化しているか否かを判定すること、前記推定した第2触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第2触媒が劣化しているか否かを判定すること、前記推定した第1触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第1触媒が劣化しているか否かを判定することに加えて前記推定した第2触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第2触媒が劣化しているか否かを判定すること、前記推定した第1触媒の最大酸素吸蔵量及び前記推定した第2触媒の最大酸素吸蔵量に基いて前記第1触媒及び前記第2触媒からなる触媒装置が劣化しているか否かを判定することの任意の一つ、又は一つ以上を行うように構成されることが好適である。

## 【0047】

また、「酸化還元能力指標値」は、前記第1触媒の劣化の程度及び／又は前記第2触媒の劣化の程度に応じて変化する劣化指標値、又は同第1触媒の温度及び／又は同第2触媒の温度に応じて変化する値であることが好適であり、さらには、上記方法により既に推定されている前記第1触媒の最大酸素吸蔵量、及び／又は既に推定されている前記第2触媒の最大酸素吸蔵量に基いた値（例えば、上記方法により既に推定されている前記第1触媒の最大酸素吸蔵量と既に推定されている前記第2触媒の最大酸素吸蔵量との和の値）であることが好適であるが、これらに限定されない。また、前記第1リッチ空燃比は、例えば、前記第2リッチ空燃比と同一の空燃比であってもよい。

## 【0048】

これによれば、第1触媒の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量に達した時点を第1触媒下流空燃比センサの出力変化により確実に検知できるので、第1触媒の最大酸素吸蔵量を精度良く推定することができ、また、第2触媒の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量に達した時点を第2触媒下流空燃比センサの出力変化により確実に検知

できるので、第2触媒の最大酸素吸蔵量を精度良く推定することができる。

#### 【0049】

また、上記した本発明の第3の特徴に係る触媒劣化判定方法と同様、酸化還元能力指標値が示す第1触媒の酸化還元能力の程度及び／又は第2触媒の酸化還元能力の程度（例えば、第1触媒の劣化の程度及び／又は第2触媒の劣化の程度）に応じて第2リッチ空燃比を変更し得る。また、先に述べたように、第1、第2触媒の劣化が進行するほど同第1、第2触媒の各々のウインドウ幅は狭くなる。従って、例えば、第1、第2触媒の劣化の程度に拘わらず第2リーン空燃比を同第1触媒及び同第2触媒からなる触媒装置としてのウインドウ幅内であって同ウインドウ幅の上限値近傍の空燃比に維持することができる。

#### 【0050】

この結果、第2触媒下流空燃比センサの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点の直後における前記触媒装置の還元機能による窒素酸化物NO<sub>x</sub>の浄化効率が所定の高い値以上に維持され、同時点の直後における窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量が極力低減されるとともに、第2リーン空燃比が理論空燃比から極力離れた空燃比に設定され、同第2リーン空燃比が予め理論空燃比に近いリーンな空燃比に設定される場合に比して第2触媒の最大酸素吸蔵量の算出期間（従って、第1触媒及び第2触媒の最大酸素吸蔵量算出期間）が短縮され得る。

#### 【0051】

上記した本発明の第4の特徴に係る触媒劣化判定方法においては、前記第1リーン空燃比が、前記第2リーン空燃比よりもリーンな空燃比（即ち、理論空燃比よりもリーンな空燃比であって第2リーン空燃比よりも理論空燃比から外れた空燃比）に設定されることが好適である。

#### 【0052】

第1触媒上流の空燃比が第1リーン空燃比に制御されている期間においては、第1触媒に酸素を含むガスが流入することにより、同第1触媒の酸素吸蔵量は時間の経過とともに「0」から増加するものの同期間の終了時点までは最大酸素吸蔵量に達していない。一方、この期間の終了時点である第1触媒下流空燃比セン

サの出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点までは、第1触媒からリーン空燃比のガスが流出し始めていないので、第2触媒の酸素吸収量は「0」のまま維持されている。

## 【0053】

従って、例えば、第1リーン空燃比を上記触媒装置としてのウインドウ幅の上限値よりある程度上回った空燃比に設定しても、第1触媒上流の空燃比が同第1リーン空燃比に制御されている期間においては、第1触媒に流入する窒素酸化物NO<sub>x</sub>は第1触媒及び第2触媒の酸素吸収機能により浄化され、大気中に排出されることはない。

## 【0054】

そこで、上記のように、第1リーン空燃比を第2リーン空燃比よりもリーンな空燃比に設定するように構成すれば、第1リーン空燃比が第2リーン空燃比と同一の空燃比に設定される場合に比して第1触媒の最大酸素吸収量の算出期間（従って、第1触媒及び第2触媒の最大酸素吸収量算出期間）が短縮され得る。

## 【0055】

また、上記した本発明による触媒劣化判定方法において、同触媒劣化判定方法が適用される内燃機関の排気浄化装置が、前記触媒又は前記第1触媒よりも上流の前記排気通路に配設された触媒上流空燃比センサと、前記触媒上流空燃比センサの異常を検出する触媒上流空燃比センサ異常検出手段とを備えるときには、前記触媒又は前記第1触媒及び前記第2触媒の最大酸素吸収量を推定するにあたり、前記触媒上流空燃比センサの出力に基いて同触媒又は同第1触媒及び同第2触媒の最大酸素吸収量を推定し、前記推定された最大酸素吸収量に基いて判定対象である触媒が劣化しているという判定をすべき状態にあり、且つ前記触媒上流空燃比センサの異常が検出されている場合には同触媒が劣化しているという判定を行わず、前記推定された最大酸素吸収量に基いて前記判定対象である触媒が劣化していないという判定をすべき状態にある場合には同触媒上流空燃比センサの異常が検出されているか否かに拘わらず同触媒が劣化していないという判定を行うように構成されることが好適である。

## 【0056】

触媒上流空燃比センサの出力に基いて前記触媒又は第1触媒及び第2触媒の最大酸素吸収量を推定する場合、即ち、同触媒上流空燃比センサが検出するガスの空燃比が理論空燃比であるときの同触媒上流空燃比センサの出力値（以下、「理論空燃比時出力値」と称呼する。）からの同触媒上流空燃比センサのその時点での出力値の偏移量によりリッチ空燃比のガスにより放出される酸素量、又はリーン空燃比のガス中の酸素量を算出することにより各最大酸素吸収量を推定する場合、同触媒上流空燃比センサが異常となると、正確な最大酸素吸収量が得られなくなる。このため、触媒上流空燃比センサ異常検出手段により触媒上流空燃比センサの異常が検出されている場合、かかる推定された最大酸素吸収量に基いて触媒の劣化判定を行うと、正確な触媒劣化判定結果が得られない可能性がある。

## 【0057】

ところが、一般に、空燃比センサ（所謂濃淡電池式酸素センサや所謂限界電流式酸素センサ）の劣化が進行すると、同空燃比センサが検出するガスの実際の空燃比の変化に対する同空燃比センサの出力の変化量が減少する傾向がある。即ち、空燃比センサが検出するガスの実際の空燃比の理論空燃比からの偏移量に対する同空燃比センサの出力値の理論空燃比時出力値からの偏移量が減少する傾向がある。換言すれば、上記触媒上流空燃比センサの劣化が進行するに従って（上記触媒上流空燃比センサが異常となると）、同触媒上流空燃比センサの出力に基いて推定される触媒の最大酸素吸収量が同触媒の実際の最大酸素吸収量よりも小さく算出される。

## 【0058】

従って、判定対象である触媒の最大酸素吸収量を示す値が所定の劣化判定基準値以下か否かに基いて同触媒が劣化しているか否かを判定する場合、仮に、触媒上流空燃比センサの異常が検出されているときであっても、同触媒上流空燃比センサの出力に基いて推定された触媒の最大酸素吸収量を示す値が同劣化判定基準値を超える値となっていれば、触媒の実際の最大酸素吸収量を示す値は同劣化判定基準値よりも十分大きく同触媒が劣化していないという判定が正確になされ得る。一方、触媒上流空燃比センサの異常が検出されているとき、前記推定された触媒の最大酸素吸収量を示す値が同劣化判定基準値以下の値となっていれば、触

媒の実際の最大酸素吸収量を示す値と前記劣化判定基準値との大小関係が不明となり正確な触媒劣化判定結果が得られない。

## 【0059】

そこで、上記のように構成すれば、仮に触媒上流空燃比センサの劣化が進行しており同触媒上流空燃比センサの異常が検出されている場合であっても判定対象である触媒が劣化していないという判定はなされるので、同判定対象である触媒が劣化していないという判定結果が得られている間は同触媒上流空燃比センサを交換する必要がなく同触媒上流空燃比センサの交換時期を遅らせることができる。また、触媒上流空燃比センサの異常が検出されている場合には判定対象である触媒が劣化しているという判定が行われないので、同判定対象である触媒が劣化したか否かが判定される際、誤判定がなされることが防止され得る。

## 【0060】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明による触媒劣化判定方法の一実施形態について図面を参照しつつ説明する。図1は、本発明の実施形態に係る触媒劣化判定方法を実施する排気浄化装置（触媒劣化判定装置）を火花点火式多気筒（4気筒）内燃機関10に適用したシステムの概略構成を示している。

## 【0061】

この内燃機関10は、シリンダブロック、シリンダブロックロワーケース、及びオイルパン等を含むシリンダブロック部20と、シリンダブロック部20の上に固定されるシリンダヘッド部30と、シリンダブロック部20にガソリン混合気を供給するための吸気系統40と、シリンダブロック部20からの排気ガスを外部に放出するための排気系統50とを含んでいる。

## 【0062】

シリンダブロック部20は、シリンダ21、ピストン22、コンロッド23、及びクランク軸24を含んでいる。ピストン22はシリンダ21内を往復動し、ピストン22の往復動がコンロッド23を介してクランク軸24に伝達され、これにより同クランク軸24が回転するようになっている。シリンダ21とピストン22のヘッドは、シリンダヘッド部30とともに燃焼室25を形成している。

## 【0063】

シリンドヘッド部30は、燃焼室25に連通した吸気ポート31、吸気ポート31を開閉する吸気弁32、吸気弁32を駆動するインテークカムシャフトを含むとともに同インテークカムシャフトの位相角を連続的に変更する可変吸気タイミング装置33、可変吸気タイミング装置33のアクチュエータ33a、燃焼室25に連通した排気ポート34、排気ポート34を開閉する排気弁35、排気弁35を駆動するエキゾーストカムシャフト36、点火プラグ37、点火プラグ37に与える高電圧を発生するイグニッショングコイルを含むイグナイタ38、及び燃料を吸気ポート31内に噴射するインジェクタ（燃料噴射手段）39を備えている。

## 【0064】

吸気系統40は、吸気ポート31に連通し同吸気ポート31とともに吸気通路を形成するインテークマニホールドを含む吸気管41、吸気管41の端部に設けられたエアフィルタ42、吸気管41内にあって吸気通路の開口断面積を可変とするスロットル弁43、スロットル弁駆動手段を構成するDCモータからなるスロットル弁アクチュエータ43a、スワールコントロールバルブ（以下、「SCV」と称呼する。）44、及びDCモータからなるSCVアクチュエータ44aを備えている。

## 【0065】

排気系統50は、排気ポート34に連通したエキゾーストマニホールド51、エキゾーストマニホールド51に接続されたエキゾーストパイプ（排気管）52、エキゾーストパイプ52に配設（介装）された上流側の第1触媒（上流側三元触媒、又はスタート・コンバータとも云う。）53、及び第1触媒53の下流のエキゾーストパイプ52に配設（介装）された第2触媒（下流側三元触媒、又は車両のフロア下方に配設されるため、アンダ・フロア・コンバータとも云う。）54を備えている。排気ポート34、エキゾーストマニホールド51、及びエキゾーストパイプ52は、排気通路を構成している。

## 【0066】

一方、このシステムは、熱線式エアフローメータ61、スロットルポジション

センサ62、カムポジションセンサ63、クランクポジションセンサ64、水温センサ65、第1触媒53の上流の排気通路に配設された空燃比センサ66（以下、「最上流空燃比センサ」と称呼する。）、第1触媒53の下流であって第2触媒54の上流の排気通路に配設された空燃比センサ67（以下、「第1触媒下流空燃比センサ67」と称呼する。）、第2触媒54の下流の排気通路に配設された空燃比センサ68（以下、「第2触媒下流空燃比センサ68」と称呼する。）、及びアクセル開度センサ69を備えている。

#### 【0067】

熱線式エアフローメータ61は、吸気管41内を流れる吸入空気の質量流量に応じた電圧Vgを出力するようになっている。かかるエアフローメータ61の出力Vgと、計測された吸入空気量（流量）AFMとの関係は、図2に示したとおりである。スロットルポジションセンサ62は、スロットル弁43の開度を検出し、スロットル弁開度TAを表す信号を出力するようになっている。カムポジションセンサ63は、インテークカムシャフトが90°回転する毎に（即ち、クランク軸24が180°回転する毎に）一つのパルスを有する信号（G2信号）を発生するようになっている。クランクポジションセンサ64は、クランク軸24が10°回転する毎に幅狭のパルスを有するとともに同クランク軸24が360°回転する毎に幅広のパルスを有する信号を出力するようになっている。この信号は、エンジン回転速度NEを表す。水温センサ65は、内燃機関10の冷却水の温度を検出し、冷却水温THWを表す信号を出力するようになっている。

#### 【0068】

最上流空燃比センサ66は所謂限界電流式酸素センサであって、図3に実線で示したように、空燃比A/Fに応じた電流を出力し、この電流に応じた電圧vabyfsを出力するようになっている。図3から明らかなように、最上流空燃比センサ66によれば、広範囲にわたる空燃比A/Fを精度良く検出することができる。

#### 【0069】

第1触媒下流空燃比センサ67、及び第2触媒下流空燃比センサ68は所謂所謂濃淡電池式酸素センサであって、図4に示したように、理論空燃比において急変する電圧Voxs1,Voxs2をそれぞれ出力するようになっている。より具体的に述

べると、第1, 第2触媒下流空燃比センサ67, 68は、空燃比が理論空燃比よりもリーンのときは略0.1(V)、空燃比が理論空燃比よりもリッチのときは略0.9(V)、及び空燃比が理論空燃比のときは略0.5(V)の電圧を出力するようになっている。アクセル開度センサ69は、運転者によって操作されるアクセルペダル81の操作量を検出し、同アクセルペダル81の操作量Accpを表す信号を出力するようになっている。

## 【0070】

更に、このシステムは電気制御装置70を備えている。電気制御装置70は、互いにバスで接続されたCPU71、CPU71が実行するルーチン(プログラム)、テーブル(ルックアップテーブル、マップ)、定数等を予め記憶したROM72、CPU71が必要に応じてデータを一時的に格納するRAM73、電源が投入された状態でデータを格納するとともに同格納したデータを電源が遮断されている間も保持するバックアップRAM74、及びADコンバータを含むインターフェース75等からなるマイクロコンピュータである。インターフェース75は、前記センサ61~69と接続され、CPU71にセンサ61~69からの信号を供給するとともに、同CPU71の指示に応じて可変吸気タイミング装置33のアクチュエータ33a、イグナイタ38、インジェクタ39、スロットル弁アクチュエータ43a、及びSCVアクチュエータ44aに駆動信号を送出するようになっている。

## 【0071】

## (触媒劣化判定の原理)

ところで、第1, 第2触媒53, 54等の三元触媒は、未燃成分(HC, CO)を酸化する機能(酸化機能)と窒素酸化物(NOx)を還元する機能(還元機能)を有し、この酸化還元機能により上記未燃成分や窒素酸化物等の有害成分を浄化することができる。この触媒の酸化還元機能による有害成分の浄化効率は、機関の空燃比が理論空燃比近傍に近づくにつれて高くなり、機関の空燃比を理論空燃比を含んだウインドウ幅内に維持すれば同浄化効率を所定の高い値以上に維持することができる。

## 【0072】

更に、三元触媒は、酸素吸蔵放出機能を有し、この酸素吸蔵放出機能により空燃比が理論空燃比からある程度まで偏移したとしても、HC, CO、及びNO<sub>x</sub>を浄化することができる。即ち、機関の空燃比がリーンとなって三元触媒に流入するガスにNO<sub>x</sub>が多量に含まれると、三元触媒は酸素吸蔵機能によりNO<sub>x</sub>から酸素分子を奪ってNO<sub>x</sub>を還元してNO<sub>x</sub>を浄化するとともに、その酸素を吸蔵する。また、機関の空燃比がリッチになって三元触媒に流入するガスにHC, COが多量に含まれると、三元触媒は酸素放出機能によりこれらに吸蔵していた酸素を与えて酸化し、これによりHC, COを浄化する。

#### 【0073】

従って、三元触媒が連続的に流入する多量のHC, COを効率的に浄化するためには、同三元触媒が酸素を多量に貯蔵していなければならず、逆に連続的に流入する多量のNO<sub>x</sub>を効率的に浄化するためには、三元触媒が酸素を十分に貯蔵し得る状態になければならないことになる。

#### 【0074】

以上のことから明らかなように、三元触媒の浄化能力は、その三元触媒が貯蔵（吸蔵）し得る最大の酸素量である最大酸素吸蔵量に依存する。ところが、三元触媒は燃料中に含まれる鉛や硫黄等による被毒、或いは触媒に加わる熱により劣化するから、次第に最大酸素吸蔵量が低下してくる。換言すると、第1, 第2触媒53, 54の各々の最大酸素吸蔵量を推定することができれば、同第1, 第2触媒53, 54の各々が劣化しているか否かを判定することができる。また、これらの判定結果の組合せに基づけば、第1, 2触媒53, 54を一つの触媒装置とみなしたときの同触媒装置が劣化しているか否かも判定することができる。

#### 【0075】

このため、本実施形態の触媒劣化判定装置は、以下に説明するように、第1触媒53の上流の空燃比をリッチ空燃比からリーン空燃比（又は、その逆）に強制的に変化させることにより第1, 第2触媒53, 54の各々の最大酸素吸蔵量を推定する。このとき、先に説明したように、第1触媒53の上流の空燃比をリッチ空燃比からリーン空燃比（又は、その逆）に切換えた直後に上記有害成分が排出され易くなるため、この時点での有害成分の排出を低減する必要がある。また、

酸素吸収量を推定するために必要な期間は短い方がよい。

## 【0076】

以上の要求に基き、本装置は、図5のタイムチャートに示したように、有害成分の排出量を極力低減しつつ、且つ比較的短期間で第1，第2触媒53,54の各々の最大酸素吸収量を推定する。即ち、先ず、本装置は図5(A)に示したように、時刻t1にて第1触媒53の上流のガスの空燃比（実際には、機関が吸入する混合気の空燃比であり、以下、単に「第1触媒上流空燃比」と云うこともある。）を理論空燃比よりもリーンな所定の第1リーン空燃比に制御する。この第1リーン空燃比は、第1,2触媒53,54を一つの触媒装置とみなしたときの同触媒装置の新品時点でのウインドウ幅の上限値を若干上回った空燃比に設定されている。

## 【0077】

これにより、第1触媒53にリーンな空燃比のガスが流入するから、図5(C)に示したように、第1触媒53の酸素吸収量は次第に増大し、時刻t2にて最大酸素吸収量 $CSC_{max}$ に達する。この結果、時刻t2にて、第1触媒53から酸素を含むガス（リーン空燃比のガス）が流出し始め、図5(B)に示したように、第1触媒下流空燃比センサ67の出力 $Voxs1$ はリッチを示す値からリーンを示す値に変化する。この時刻t1～t2間の作動を第1モード（Mode=1）における作動と呼ぶ。

## 【0078】

時刻t2にて、第1触媒下流空燃比センサ67の出力 $Voxs1$ がリッチを示す値からリーンを示す値に変化すると、本装置は、第1モード（Mode=1）終了時点における（第1触媒上流空燃比が第1リーン空燃比に制御されている状態における）最上流空燃比センサ66の出力 $vabyfs$ の値を変数 $vabyfsL$ に格納した後、第1触媒上流空燃比を理論空燃比よりもリーンであるが前記第1リーン空燃比よりもリッチな第2リーン空燃比に制御する（図5(A)を参照）。

## 【0079】

この第2リーン空燃比は、本装置により前回の触媒劣化判定時に既に推定されている第1触媒53の最大酸素吸収量 $CSC_{max}$ の値と第2触媒54の最大酸

素吸蔵量  $C_{UF\max}$  の値との和である触媒全体の最大酸素吸蔵量  $C_{maxall}$  の値（劣化指標値）に応じて変更され、同最大酸素吸蔵量  $C_{maxall}$  の値が大きいほど前記触媒装置の新品時点でのウインドウ幅の上限値近傍の空燃比に近づくように（大きく）、同最大酸素吸蔵量  $C_{maxall}$  の値が小さくなるほど（第1触媒53及び第2触媒54（触媒装置）の劣化が進行するほど）理論空燃比に近づくように（小さく）設定される。この結果、第2リーン空燃比は、前記触媒装置の劣化度に応じて狭くなる同触媒装置のその時点におけるウインドウ幅の上限値近傍の空燃比になるように設定される。

#### 【0080】

これにより、第1触媒53にリーンな空燃比のガスが流入し、しかも、第1触媒53の酸素吸蔵量は最大となっていて同第1触媒53は酸素を吸蔵することができない状態にあるから、同第1触媒53から酸素を含むガスが流出し続ける。この結果、図5（E）に示したように、時刻  $t_2$  以降において第2触媒54の酸素吸蔵量は次第に増大し、時刻  $t_3$  にて最大酸素吸蔵量  $C_{UF\max}$  に達する。この結果、時刻  $t_3$  にて、第2触媒54から酸素を含むガスが流出し始め、図5（D）に示したように、第2触媒下流空燃比センサ68の出力  $V_{oxs2}$  はリッチを示す値からリーンを示す値に変化する。なお、時刻  $t_2 \sim t_3$  間の作動を第2モード（Mode=2）における作動と呼ぶ。

#### 【0081】

以上のように、第1、第2モード（Mode=1, Mode=2）においては、第1触媒53が内部に酸素を吸蔵し得る限界まで酸素を吸蔵するとともに、第2触媒54が内部に酸素を吸蔵し得る限界まで酸素を吸蔵するように同第1触媒53の上流の空燃比が理論空燃比よりもリーンに制御される。

#### 【0082】

時刻  $t_3$  にて、第2触媒下流空燃比センサ68の出力  $V_{oxs2}$  がリッチを示す値からリーンを示す値に変化すると、本装置は第1触媒上流空燃比を理論空燃比よりもリッチな第1リッチ空燃比に制御する。この第1リッチ空燃比は、第1、2触媒53, 54を一つの触媒装置とみなしたときの同触媒装置の新品時点でのウインドウ幅の下限値を若干下回った空燃比に設定されている。

## 【0083】

これにより、第1触媒53にリッチな空燃比のガスが流入するため、第1触媒53の酸素が同第1触媒53に流入する未燃HC, COの酸化のために消費される。これにより、第1触媒53の酸素吸蔵量は最大酸素吸蔵量CSCmaxから減少して行く。そして、時刻t4になると、第1触媒53の酸素吸蔵量は「0」となるから、第1触媒53からリッチ空燃比のガスが流出し始め、第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1はリーンを示す値からリッチを示す値に変化する。この時刻t3～t4間の作動を第3モード（Mode=3）における作動と呼ぶ。

## 【0084】

本装置は、かかる時刻t3～t4において、以下のようにして第1触媒53の最大酸素吸蔵量CSCmaxを最大酸素吸蔵量CSCmax3として推定する。即ち、第1触媒上流空燃比を第1リッチ空燃比に設定した時刻t3から、第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1がリッチを示す値に変化する時刻t4までの間、下記数1、及び下記数2に基いて酸素吸蔵量の変化量Δ02を算出するとともにこれを積算し、同時刻t4での積算値を最大酸素吸蔵量CSCmax3として算出する。

## 【0085】

## 【数1】

$$\Delta 02 = 0.23 \cdot m_f r \cdot (stoich - abyfs)$$

## 【0086】

## 【数2】

$$CSCmax3 = \sum \Delta 02 \text{ (区間 } t = t_3 \sim t_4 \text{ )}$$

## 【0087】

上記数1において、値「0.23」は大気中に含まれる酸素の重量割合である。mfrは所定時間（計算周期tsample）内の燃料噴射量Fiの合計量であり、stoichは理論空燃比（例えば、14.7）である。abyfsは所定時間tsampleにおいて最上流空燃比センサ66により検出された空燃比A/Fである。なお、abyfsは前記所定時間tsample内の最上流空燃比センサ66により検出された空燃比A/Fの平均値としてもよい。

## 【0088】

この数1に示したように、所定時間 $t_{sample}$ 内の噴射量の合計量 $m_{fr}$ に、検出された空燃比A/Fの理論空燃比からの偏移( $stoich - abyfs$ )を乗じることで、同所定時間 $t_{sample}$ における空気の不足量が求められ、この空気の不足量に酸素の重量割合を乗じることで同所定時間 $t_{sample}$ における酸素吸蔵量変化量(吸蔵酸素の消費量) $\Delta O_2$ が求められる。そして、数2に示したように、酸素吸蔵量変化量 $\Delta O_2$ を時刻 $t_3 \sim t_4$ に渡って積算することで、第1触媒53が酸素を最大限貯蔵していた状態から酸素を総べて消費するまでの酸素消費量、即ち最大酸素吸蔵量 $CSC_{max3}$ が推定・算出される。このように、本実施形態では、最上流空燃比センサ66の出力に基いて(第1触媒上流側空燃比が第1リッチ空燃比に制御されていることを利用して)最大酸素吸蔵量 $CSC_{max3}$ を推定する。

## 【0089】

時刻 $t_4$ にて、第1触媒下流空燃比センサ67の出力がリーンを示す値からリッチを示す値に変化すると、本装置は、第3モード(Mode=3)終了時点における(第1触媒上流空燃比が第1リッチ空燃比に制御されている状態における)最上流空燃比センサ66の出力 $vabyfs$ の値を変数 $vabyfsR$ に格納した後、第1触媒上流空燃比を理論空燃比よりもリッチな空燃比であって第1リッチ空燃比よりもリーンな第2リッチ空燃比に制御する。

## 【0090】

この第2リッチ空燃比は、本装置により前回の触媒劣化判定時に既に推定されている触媒全体の最大酸素吸蔵量 $C_{maxall}$ の値(劣化指標値)に応じて変更され、同最大酸素吸蔵量 $C_{maxall}$ の値が大きいほど前記触媒装置の新品時点でのウインドウ幅の下限値近傍の空燃比に近づくように(小さく)、同最大酸素吸蔵量 $C_{maxall}$ の値が小さくなるほど(第1触媒53及び第2触媒54(触媒装置)の劣化が進行するほど)理論空燃比に近づくように(大きく)設定される。この結果、第2リッチ空燃比は、前記触媒装置の劣化度に応じて狭くなる同触媒装置のその時点におけるウインドウ幅の下限値近傍の空燃比になるように設定される。

## 【0091】

このとき、第1触媒53の酸素吸蔵量は「0」となっているから、第2触媒5

4にリッチな空燃比のガスが流入する。この結果、第2触媒54が吸収している酸素は、同第2触媒54に流入する未燃HC, COの酸化のために消費されるので、第2触媒54の酸素吸収量は最大酸素吸収量CUF<sub>max</sub>から減少して行く。

## 【0092】

そして、時刻t5になると、第2触媒54の酸素吸収量は「0」となるから、第2触媒54からリッチ空燃比のガスが流出し始め、第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2はリーンを示す値からリッチを示す値に変化する。即ち、時刻t3～t4の間に、第1触媒53が内部に吸収している酸素を完全に放出するとともに、時刻t4～t5の間に、第2触媒54が内部に吸収している酸素を完全に放出するように、時刻t3～t5の間の第1触媒53の上流の空燃比が理論空燃比よりもリッチな空燃比に制御される。なお、時刻t4～t5間の作動を第4モード（Mode=4）における作動と呼ぶ。

## 【0093】

本装置は、時刻t4～t5において、上記最大酸素吸収量CS<sub>C max3</sub>を求めた場合と同様な下記数3及び下記数4により示される計算を行うことで、第2触媒54の最大酸素吸収量CUF<sub>max</sub>を最大酸素吸収量CUF<sub>max4</sub>として算出・推定する。このように、本実施形態では、最上流空燃比センサ66の出力に基いて（第1触媒上流側空燃比が第2リッチ空燃比に制御されていることを利用して）最大酸素吸収量CUF<sub>max4</sub>を推定する。

## 【0094】

## 【数3】

$$\Delta O_2 = 0.23 \cdot m_f r \cdot (stoich - abyfs)$$

## 【0095】

## 【数4】

$$CUF_{max4} = \sum \Delta O_2 \text{ (区間 } t = t4 \sim t5)$$

## 【0096】

時刻t5にて、第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2がリーンを示す値からリッチを示す値に変化すると、本装置は第1触媒上流空燃比を理論空燃比よりもリーンである上述した第1リーン空燃比に制御する。これにより、第1触媒

5 3にリーンな空燃比のガスが流入する。また、時刻t 5の時点においては、第1触媒5 3の酸素吸蔵量は「0」となっている。従って、時刻t 5以降において、第1触媒5 3内の酸素吸蔵量「0」から増大し続け、時刻t 6にて最大酸素吸蔵量C S C maxに達する。この結果、時刻t 6にて、第1触媒5 3から酸素を含むガスが流出し始め、第1触媒下流空燃比センサ6 7の出力Voxs1はリッチを示す値からリーンを示す値に変化する。この時刻t 5～t 6間の作動を第5モード（Mode=5）における作動と呼ぶ。

## 【0097】

本装置は、かかる時刻t 5～t 6間においても、以下のようにして第1触媒5 3の最大酸素吸蔵量C S C maxを最大酸素吸蔵量C S C max5として推定する。即ち、第1触媒下流空燃比センサ6 7の出力Voxs1がリーン空燃比を示す値となつた時刻t 6では、第1触媒5 3の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量C S C maxに到達したことを意味するから、時刻t 5～t 6までの間、下記数5及び下記数6に基いて酸素吸蔵量の変化量 $\Delta O_2$ を算出するとともにこれを積算し、同時刻t 6での積算値を最大酸素吸蔵量C S C max5として推定・算出する。

## 【0098】

## 【数5】

$$\Delta O_2 = 0.23 \cdot m_{f,r} \cdot (abyfs - stoich)$$

## 【0099】

## 【数6】

$$CSCmax5 = \sum \Delta O_2 \text{ (区間 } t = t_5 \sim t_6 \text{ )}$$

## 【0100】

この数5に示したように、所定時間tsample内の噴射量の合計量m f rに、空燃比A/Fの理論空燃比からの偏移(abyfs - stoich)を乗じることで、同所定時間tsampleにおける空気の過剰量が求められ、この空気の過剰量に酸素の重量割合を乗じることで同所定時間tsampleにおける酸素吸蔵量変化量(吸蔵酸素量) $\Delta O_2$ が求められる。そして、数6に示したように、酸素吸蔵量変化量 $\Delta O_2$ を時刻t 5～t 6に渡って積算することで、第1触媒5 3の酸素吸蔵量が「0」である状態から酸素を最大限に吸蔵するまでの酸素量、即ち最大酸素吸蔵量C S C

$\max_5$ が推定・算出される。このように、本実施形態では、最上流空燃比センサ6の出力に基いて（第1触媒上流側空燃比が第1リーン空燃比に制御されていることを利用して）最大酸素吸蔵量 $CSC_{\max 5}$ を推定する。

## 【0101】

時刻 $t_6$ にて、第1触媒下流空燃比センサ67の出力 $Voxs1$ がリッチを示す値からリーンを示す値に変化すると、本装置は第1触媒上流空燃比を理論空燃比よりもリーンな空燃比であって前記第1リーン空燃比よりもリッチである上述した第2リーン空燃比に制御する。この場合、第1触媒53の酸素吸蔵量は最大酸素吸蔵量 $CSC_{\max}$ に到達している。従って、第1触媒53からはリーンな空燃比のガスが流出し、これが第2触媒54内に流入する。一方、時刻 $t_6$ の時点においては、第2触媒54の酸素吸蔵量は「0」となっている。従って、時刻 $t_6$ 以後において、第2触媒54内の酸素吸蔵量は「0」から増大し続け、時刻 $t_7$ にて最大酸素吸蔵量 $CUF_{\max}$ に達する。この結果、時刻 $t_7$ にて、第2触媒54から酸素を含むガスが流出し始め、第2触媒下流空燃比センサ68の出力 $Voxs2$ はリッチを示す値からリーンを示す値に変化する。この時刻 $t_6 \sim t_7$ 間の作動を第6モード（Mode=6）における作動と呼ぶ。

## 【0102】

本装置は、かかる時刻 $t_6 \sim t_7$ 間においても、以下のようにして第2触媒54の最大酸素吸蔵量 $CUF_{\max}$ を最大酸素吸蔵量 $CUF_{\max 6}$ として推定する。即ち、下記数7及び下記数8に基いて酸素吸蔵量の変化量 $\Delta O2$ を算出するとともに積分し、同時刻 $t_7$ での積分値を最大酸素吸蔵量 $CUF_{\max 6}$ として算出する。

## 【0103】

## 【数7】

$$\Delta O2 = 0.23 \cdot mfr \cdot (abyfs - stoich)$$

## 【0104】

## 【数8】

$$CUF_{\max 6} = \sum \Delta O2 \text{ (区間 } t = t_6 \sim t_7 \text{ )}$$

## 【0105】

このように、本実施形態では、最上流空燃比センサ66の出力に基いて（第1

触媒上流側空燃比が第2リーン空燃比に制御されていることをを利用して) 最大酸素吸収量  $C_{UF\ max}$  を推定する。そして、本装置は、時刻  $t_7$  にて機関に吸入される混合気の空燃比を理論空燃比に戻すとともに、同時刻  $t_7$  以降において、最上流空燃比センサ 66 が異常であるか否かを、以下の数 9 が成立するか否かを判定することにより判定する。

## 【0106】

## 【数 9】

$$((vabyfsL - vabyfsR) / dvref) < \alpha$$

## 【0107】

上記数 9 の左辺の  $dvref$  は、図 3 に示したように、最上流空燃比センサ 66 が正常である場合において、検出されるガスの空燃比  $A/F$  が第1リーン空燃比 ( $stoich/0.98$ ) であるときの同最上流空燃比センサ 66 の出力  $vabyfs$  の値と同空燃比  $A/F$  が第1リッチ空燃比 ( $stoich/1.02$ ) であるときの同最上流空燃比センサ 66 の出力  $vabyfs$  の値との偏差 (正の一定値) である。上記数 9 の右辺の  $\alpha$  は、最上流空燃比センサ劣化判定基準値 (正の一定値) である。

## 【0108】

最上流空燃比 66 の劣化が進行すると、図 3 に 2 点鎖線で示したように、同最上流空燃比センサ 66 が検出するガスの実際の空燃比  $A/F$  の理論空燃比 ( $stoich$ ) からの偏移量に対する同最上流空燃比センサ 66 の出力値の同ガスの空燃比  $A/F$  が理論空燃比であるときの出力値からの偏移量 (の絶対値) が減少する傾向がある。

## 【0109】

従って、第1触媒上流空燃比が第1リーン空燃比に制御されている状態における最上流空燃比センサ 66 の出力  $vabyfs$  の値が格納されている変数  $vabyfsL$  の値と第1触媒上流空燃比が第1リッチ空燃比に制御されている状態における最上流空燃比センサ 66 の出力  $vabyfs$  の値が格納されている変数  $vabyfsR$  の値との偏差 ( $vabyfsL - vabyfsR$ ) は、最上流空燃比センサ 66 の劣化が進行するに従い小さくなる。換言すれば、偏差  $dvref$  の値に対する偏差 ( $vabyfsL - vabyfsR$ ) の値の比率 ( $(vabyfsL - vabyfsR) / dvref$ ) は最上流空燃比センサ 66 の劣化が進行するに従い小さくなる。

くなる。

## 【0110】

以上の原理に基き、本装置は、上記数9が成立する場合、即ち、偏差dvrefの値に対する偏差(vabyfsL-vabyfsR)の値の比率((vabyfsL-vabyfsR)/dvref)が最上流空燃比センサ劣化判定基準値 $\alpha$ より小さいとき、最上流空燃比センサ66が異常である（劣化した）と判定する。

## 【0111】

次いで、本装置は、第1, 第2触媒53, 54が劣化しているか否かを以下のように判定する。先ず、第1触媒53については、上記第1触媒53の最大酸素吸蔵量CSCmax3が第1触媒劣化判定基準値CSCRdn以下であるか否か、上記第1触媒53の最大酸素吸蔵量CSCmax5が第1触媒劣化判定基準値CSCRup以下であるか否か、及び上記最大酸素吸蔵量CSCmax3と上記最大酸素吸蔵量CSCmax5の平均値である第1触媒53の平均最大酸素吸蔵量CSCmax $(=(CSCmax3+CSCmax5)/2)$ が第1触媒劣化判定基準値CSCRave以下であるか否かを判定する。

## 【0112】

そして、本装置は、上記最大酸素吸蔵量CSCmax3が第1触媒劣化判定基準値CSCRdn以下であること、上記最大酸素吸蔵量CSCmax5が第1触媒劣化判定基準値CSCRup以下であること、及び、上記平均最大酸素吸蔵量CSCmaxが第1触媒劣化判定基準値CSCRave以下であることの、何れかが成立したときに、原則的に第1触媒53が劣化したものと判定する。この場合、上記3つの条件のうち、任意の二つの組み合わせが成立したときに第1触媒53が劣化したと判定するように構成してもよく、同3つの条件全てが成立したときにのみ第1触媒53が劣化したと判定するように構成してもよい。ただし、最上流空燃比センサ66が異常であると判定されている場合には、本装置は第1触媒53が劣化したとの判定は行わない。

## 【0113】

次に、第2触媒54については、上記第2触媒54の最大酸素吸蔵量CUFma $\times 4$ が第2触媒劣化判定基準値CUFRdn以下であるか否か、上記第2触媒54の

最大酸素吸収量 CUF<sub>max6</sub> が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rup</sub> 以下であるか否か、及び上記最大酸素吸収量 CUF<sub>max4</sub> と上記第2最大酸素吸収量 CUF<sub>max6</sub> の平均値である第2触媒54の平均最大酸素吸収量 CUF<sub>max</sub> (= (CUF<sub>max4</sub>+CUF<sub>max6</sub>)/2) が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rave</sub> 以下であるか否かを判定する。

## 【0114】

そして、本装置は、上記最大酸素吸収量 CUF<sub>max4</sub> が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rdn</sub> 以下であること、上記最大酸素吸収量 CUF<sub>max6</sub> が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rup</sub> 以下であること、及び、上記平均最大酸素吸収量 CUF<sub>max</sub> が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rave</sub> 以下であることの、何れかが成立したときに、原則的に第2触媒54が劣化したものと判定する。この場合においても、上記3つの条件のうち、任意の二つの組み合わせが成立したときに第2触媒54が劣化したと判定するように構成してもよく、同3つの条件全てが成立したときにのみ第2触媒54が劣化したと判定するように構成してもよい。ただし、このときも、最上流空燃比センサ66が異常であると判定されている場合には、本装置は第2触媒54が劣化したとの判定は行わない。

## 【0115】

更に、本装置は、第1, 第2触媒53, 54を一つの触媒装置とみなしたときに、その触媒装置が劣化したか否かを、下記数10が成立するか否かを判定することにより判定する。ただし、このときも、最上流空燃比センサ66が異常であると判定されている場合には、本装置は触媒装置が劣化したとの判定は行わない。

## 【0116】

## 【数10】

$$CSC_{max} + CUF_{max} \leq CR_{ave}$$

## 【0117】

なお、数10の左辺における CSC<sub>max</sub> は CSC<sub>max3</sub> 又は CSC<sub>max5</sub> の何れかに置換してもよく、同数10の左辺における CUF<sub>max</sub> は CUF<sub>max4</sub> 又は CUF<sub>max6</sub> の何れかに置換してもよい。右辺の CR<sub>ave</sub> は、第1触媒53と第2触媒54を一つの触媒装置と見なしたときに、同触媒装置の劣化を判定するための最大酸

素吸収量の基準値（触媒全体の劣化判定基準値）である。以上が、本装置による触媒劣化判定方法の概要である。

## 【0118】

## &lt;実際の作動&gt;

次に、上記のように構成された排気浄化装置（及び、触媒劣化判定装置）の実際の作動について、電気制御装置70のCPU71が実行するルーチン（プログラム）をフローチャートにより示した図6～図17を参照しながら説明する。

## 【0119】

## (通常の空燃比制御)

CPU71は、図6に示した最終燃料噴射量 $F_i$ の計算、及び燃料噴射の指示を行うルーチンを、各気筒のクランク角が各吸気上死点前の所定クランク角度（例えば、BTDC 90° CA）となる毎に、繰り返し実行するようになっている。従って、任意の気筒のクランク角度が前記所定クランク角度になると、CPU71はステップ600から処理を開始してステップ605に進み、エアフローメータ61により計測された吸入空気量AFMと、エンジン回転速度NEとに基いて、機関の空燃比を理論空燃比とするための基本燃料噴射量 $F_{base}$ をマップから求める。

## 【0120】

次いで、CPU71はステップ610に進み、基本燃料噴射量 $F_{base}$ に係数Kを乗じた値に後述する空燃比フィードバック補正量 $D F_i$ を加えた値を最終燃料噴射量 $F_i$ として設定する。この係数Kの値は、通常は「1.00」であり、後述するように、触媒劣化判定を行うために強制的に空燃比を変更するとき、「1.00」以外の所定値に設定される。次いで、CPU71はステップ615に進み、同ステップ615にて同最終燃料噴射量 $F_i$ の燃料を噴射するための指示をインジェクタ39に対して行う。その後、CPU71はステップ620に進み、その時点の燃料噴射量合計量 $m_f r$ に最終燃料噴射量 $F_i$ を加えた値を、新たな燃料噴射量積算値 $m_f r$ に設定する。この燃料噴射量積算値 $m_f r$ は、後述する酸素吸収量の算出の際に用いられる。その後、CPU71はステップ695に進み、本ルーチンを一旦終了する。以上により、フィードバック補正された最終燃

料噴射量  $F_i$  の燃料が吸気行程を迎える気筒に対して噴射される。

#### 【0121】

次に、上記空燃比フィードバック補正量  $D F_i$  の算出について説明すると、CPU71は図7に示したルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、CPU71はステップ700から処理を開始し、ステップ705に進んでフィードバック制御条件が成立しているか否かを判定する。空燃比フィードバック制御条件は、例えば、機関の冷却水温THWが第1所定温度以上であり、機関の一回転当たりの吸入空気量（負荷）が所定値以下であり、最上流空燃比センサ66が正常であり、且つ、後述する触媒劣化判定実行中フラグXHANの値が「0」のときに成立する。なお、触媒劣化判定実行中フラグXHANは、後述するように、その値が「1」のとき触媒劣化判定のために強制的に空燃比を変更する空燃比制御を実行していることを示し、その値が「0」のとき同触媒劣化判定のための空燃比制御を実行していないことを示す。

#### 【0122】

いま、空燃比フィードバック制御条件が成立しているものとして説明を続けると、CPU71はステップ705にて「Yes」と判定してステップ710に進み、現時点の最上流空燃比センサ66の出力vabyfsと後述するサブフィードバック制御量vafsfbとの和 ( $vabyfs + vafsfb$ ) を図3に示したマップに基いて変換することにより、現時点における第1触媒53の上流側制御用空燃比abyfs1を求めること。

#### 【0123】

次に、CPU71はステップ715に進み、現時点からNストローク (N回の吸気行程) 前に吸気行程を迎えた気筒の吸入空気量である筒内吸入空気量  $M_c$  ( $k - N$ ) を前記求めた上流側制御用空燃比abyfs1で除することにより、現時点からNストローク前の筒内燃料供給量  $F_c$  ( $k - N$ ) を求める。値Nは、内燃機関の排気量、燃焼室25から最上流空燃比センサ66までの距離等により異なる値である。

#### 【0124】

このように、現時点からNストローク前の筒内燃料供給量  $F_c$  ( $k - N$ ) を求

めるために、現時点からNストローク前の筒内吸入空気量M<sub>c</sub> (k-N) を上流側制御用空燃比abyfs1で除するのは、燃焼室25内で燃焼された混合気が最上流空燃比センサ66に到達するまでには、Nストロークに相当する時間を要しているからである。なお、筒内吸入空気量M<sub>c</sub>は、各気筒の吸気行程毎に、その時点のエアフローメータ61の出力A<sub>FM</sub>と、エンジン回転速度N<sub>E</sub>とに基いて求められ（例えば、エアフローメータ61の出力A<sub>FM</sub>に一次遅れ処理を施した値をエンジン回転速度N<sub>E</sub>で除することにより求められ）、各吸気行程に対応してRAM73内に記憶されている。

## 【0.125】

次いで、CPU71はステップ720に進み、現時点からNストローク前の筒内吸入空気量M<sub>c</sub> (k-N) を現時点からNストローク前の時点における目標空燃比abyfr (k-N) (この例では、理論空燃比stoich) で除することにより、現時点からNストローク前の目標筒内燃料供給量F<sub>c r</sub> (k-N) を求める。そして、CPU71はステップ725に進んで目標筒内燃料供給量F<sub>c r</sub> (k-N) から筒内燃料供給量F<sub>c</sub> (k-N) を減じた値を筒内燃料供給量偏差D<sub>F c</sub>として設定する。つまり、筒内燃料供給量偏差D<sub>F c</sub>は、Nストローク前の時点で筒内に供給された燃料の過不足分を表す量となる。次に、CPU71はステップ730に進み、下記数11に基いて空燃比フィードバック補正量D<sub>F i</sub>を求める。

## 【0.126】

## 【数11】

$$D_{F i} = (G_p \cdot D_{F c} + G_i \cdot SDF_c) \cdot KFB$$

## 【0.127】

上記数11において、G<sub>p</sub>は予め設定された比例ゲイン、G<sub>i</sub>は予め設定された積分ゲインである。なお、数11の係数K<sub>FB</sub>はエンジン回転速度N<sub>E</sub>、及び筒内吸入空気量M<sub>c</sub>等により可変とすることが好適であるが、ここでは「1」としている。また、値SDF<sub>c</sub>は筒内燃料供給量偏差D<sub>F c</sub>の積分値であり、次のステップ735にて更新される。即ち、CPU71は、ステップ735にてその時点における筒内燃料供給量偏差D<sub>F c</sub>の積分値SDF<sub>c</sub>に上記ステップ725

にて求めた筒内燃料供給量偏差 $D F_c$ を加えて、新たな筒内燃料供給量偏差の積分値 $S D F_c$ を求め、ステップ795にて本ルーチンを一旦終了する。

## 【0128】

以上により、空燃比フィードバック補正量 $D F_i$ が比例積分制御により求められ、この空燃比フィードバック補正量 $D F_i$ が前述した図6のステップ610、及びステップ615により燃料噴射量に反映されるので、Nストローク前の燃料供給量の過不足が補償され、空燃比の平均値が目標空燃比abyfrと略一致せしめられる。

## 【0129】

一方、ステップ705の判定時において、空燃比フィードバック制御条件が不成立であると、CPU71は同ステップ705にて「No」と判定してステップ740に進み、空燃比フィードバック補正量 $D F_i$ の値を「0」に設定し、ステップ795に進んで本ルーチンを一旦終了する。このように、空燃比フィードバック制御条件が不成立であるとき（触媒劣化判定実行中を含む）は、空燃比フィードバック補正量 $D F_i$ を「0」として空燃比（基本燃料噴射量 $F_{base}$ ）の補正を行わない。

## 【0130】

次に、第1触媒下流空燃比センサ67の出力 $V_{oxs1}$ に基く空燃比フィードバック制御について説明する。なお、かかる制御はサブフィードバック制御とも呼ばれる。このサブフィードバック制御により、サブフィードバック制御量 $vafsf_b$ が算出される。

## 【0131】

CPU71は、サブフィードバック制御量 $vafsf_b$ を求めるために、図8に示したルーチンを所定時間の経過毎に実行している。従って、所定のタイミングになると、CPU71はステップ800から処理を開始し、ステップ805に進んでサブフィードバック制御条件が成立しているか否かを判定する。サブフィードバック制御条件は、例えば、前述したステップ705での空燃比フィードバック制御条件に加え、機関の冷却水温THWが前記第1所定温度よりも高い第2所定温度以上のとき、及び第1触媒下流空燃比センサ67が正常であるときに成立する。

## 【0132】

いま、サブフィードバック制御条件が成立しているものとして説明を続けると、CPU71はステップ805にて「Yes」と判定してステップ810に進み、所定の目標値Voxsrefから現時点の第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1を減じることにより、出力偏差量DVoxsを求める。この目標値Voxsrefは、第1触媒53の浄化効率が良好（最良）となるように定められ、ここでは、理論空燃比に対応した値に設定されている。次に、CPU71はステップ815に進み、下記数12に基いてサブフィードバック制御量vafsfbを求める。

## 【0133】

## 【数12】

$$vafsfb = K_p \cdot DVoxs + K_i \cdot SDVoxs$$

## 【0134】

上記数12において、 $K_p$ は予め設定された比例ゲイン、 $K_i$ は予め設定された積分ゲインである。また、 $SDVoxs$ は、出力偏差量 $DVoxs$ の積分値であって、次のステップ820にて更新される値である。即ち、CPU71は、ステップ820に進むと、その時点における出力偏差量の積分値 $SDVoxs$ に上記ステップ810にて求めた出力偏差量 $DVoxs$ を加えて、新たな出力偏差量の積分値 $SDVoxs$ を求め、その後、ステップ895に進んで本ルーチンを一旦終了する。

## 【0135】

このようにして、サブフィードバック制御量vafsfbが求められ、この値は前述した図7のステップ710にて最上流空燃比センサ66の実際の出力に加えられ、その和( $vabyfs + vafsfb$ )が図3に示したマップに基いて前記上流側制御用空燃比abyfs1に変換される。換言すると、第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1に基いて求められる上流側制御用空燃比abyfs1は、最上流空燃比センサ66が実際に検出している空燃比に対して、サブフィードバック制御量vafsfbに相当する分だけ異なる空燃比として求められる。

## 【0136】

この結果、前述した図7のステップ715にて計算される筒内燃料供給量Fc(k-N)が第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1に応じて変化するので

、ステップ725, 730によって空燃比フィードバック補正量DFiが同第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1に応じて変更せしめられる。これにより、第1触媒53の下流側の空燃比が目標値Voxsrefに一致するように、機関の空燃比が制御せしめられる。

## 【0137】

例えば、機関の平均的な空燃比がリーンであるために第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1が理論空燃比よりもリーンである空燃比に対応した値を示すと、ステップ810にて求められる出力偏差量DVoxsが正の値となるので、ステップ815にて求められるサブフィードバック制御量vafsfbは正の値となる。従って、ステップ710にて求められる上流側制御用空燃比abyfs1は最上流空燃比センサ66が実際に検出している空燃比よりもリーンな値（より大きな値）として求められる。このため、ステップ715にて求められる筒内燃料供給量Fc(k-N)は小さい値となり、筒内燃料供給量偏差DFcは大きい値として求められるので、空燃比フィードバック補正量DFiが大きい正の値となる。これにより、図6のステップ610にて求められる最終燃料噴射量Fiは、基本燃料噴射量Fbaseよりも大きくなって、機関の空燃比がリッチとなるように制御される。

## 【0138】

反対に、機関の平均的な空燃比がリッチであるために第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1が理論空燃比よりもリッチ空燃比に対応した値を示すと、ステップ810にて求められる出力偏差量DVoxsが負の値となるので、ステップ815にて求められるサブフィードバック制御量vafsfbは負の値となる。従って、ステップ710にて求められる上流側制御用空燃比abyfs1は最上流空燃比センサ66が実際に検出している空燃比よりもリッチな値（より小さな値）として求められる。このため、ステップ715にて求められる筒内燃料供給量Fc(k-N)は大きい値となり、筒内燃料供給量偏差DFcは負の値として求められるので、空燃比フィードバック補正量DFiが負の値となる。これにより、図7のステップ610にて求められる最終燃料噴射量Fiは、基本燃料噴射量Fbaseよりも小さくなって、機関の空燃比がリーンとなるように制御される。

## 【0139】

このように、第1触媒53の下流側の空燃比が理論空燃比に極めて近い状態になるように制御されるので、第1、第2触媒53、54の各々が劣化して最大酸素吸蔵量CSC<sub>max</sub>及び最大酸素吸蔵量CUF<sub>max</sub>が低下した場合であっても、エミッションが継続的に低減される。

## 【0140】

一方、ステップ805の判定時において、サブフィードバック制御条件が不成立であると、CPU71は同ステップ805にて「No」と判定してステップ825に進み、サブフィードバック制御量vafsf<sub>b</sub>の値を「0」に設定した後、ステップ895に進んで本ルーチンを一旦終了する。このように、サブフィードバック制御条件が不成立であるとき（空燃比切換制御実行中を含む）は、サブフィードバック制御量vafsf<sub>b</sub>を「0」として第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs<sub>1</sub>に基く空燃比フィードバック補正量DF<sub>i</sub>（上流側制御用空燃比abyfs1）の補正を行わない。以上のようにして、通常の空燃比制御が実行される。

## 【0141】

（触媒劣化判定のための空燃比制御）

次に、触媒劣化の判定を行うための空燃比制御について説明する。CPU71は図9～図15のフローチャートにより示された各ルーチンを所定時間の経過毎に実行するようになっている。

## 【0142】

従って、所定のタイミングになると、CPU71は図9のステップ900から処理を開始し、ステップ905に進んで触媒劣化判定実行中フラグXHANの値が「0」であるか否かを判定する。いま、触媒劣化判定のための空燃比制御を行っておらず、且つ、触媒劣化判定条件が成立していないとして説明を続けると、触媒劣化判定実行中フラグXHANの値は「0」となっている。従って、CPU71はステップ905にて「Yes」と判定してステップ910に進み、先に説明した図6のステップ610にて使用される係数Kの値を1.00に設定する。

## 【0143】

次いで、CPU71はステップ915にて触媒劣化判定条件が成立しているか

否かを判定する。この触媒劣化判定条件は、冷却水温THWが所定温度以上であり、図示しない車速センサにより得られた車速が所定の高車速以上であり、スロットル弁開度TAの単位時間あたりの変化量が所定量以下である、機関が定常運転されている場合に成立する。更に、触媒劣化判定条件に、前回の触媒劣化判定から所定時間以上が経過したこと、前回の触媒劣化判定から車両が所定距離以上運転されたこと、前回の触媒劣化判定から内燃機関10が所定時間以上運転されたことの任意の一つ、又は一つ以上を触媒劣化判定条件に加えても良い。現段階では、上述したように、触媒劣化判定条件は成立していないから、CPU71はステップ915にて「No」と判定してステップ995に進み、本ルーチンを一旦終了する。

#### 【0144】

次に、先に説明した図5の時刻t1のように、その時点では触媒劣化判定のための空燃比制御を行っていないが、触媒劣化判定条件が成立したものとして説明を続けると、この場合、CPU71はステップ905にて「Yes」と判定してステップ910に進み、同ステップ910にて係数Kの値を1.00に設定する。次いで、CPU71は、触媒劣化条件が成立しているので、ステップ915にて「Yes」と判定してステップ920に進み、同ステップ920にて触媒劣化判定実行中フラグXHANの値を「1」に設定する。

#### 【0145】

そして、CPU71はステップ925に進み、第1モードに移行するためにModeの値を「1」に設定するとともに、続くステップ930にて係数Kの値を0.98に設定し、ステップ995に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、前述の空燃比フィードバック制御条件が成立しなくなるから、CPU71は図7のステップ705にて「No」と判定してステップ740に進むようになり、空燃比フィードバック補正量DFiの値は0に設定される。この結果、図6のステップ610の実行により、基本燃料噴射量Fbaseが0.98倍された値が最終燃料噴射量Fiとして算出され、この最終燃料噴射量Fiの燃料が噴射されるので、機関の空燃比は理論空燃比よりもリーンな前記第1リーン空燃比に制御される。

## 【0146】

以降、CPU71は図9のルーチンの処理をステップ900から繰り返し実行するが、触媒劣化判定実行中フラグXHANの値が「1」となっていることから、ステップ905にて「No」と判定して直ちにステップ995に進み、本ルーチンを一旦終了するようになる。

## 【0147】

一方、CPU71は図10に示した第1モード制御ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングとなると、CPU71はステップ1000から処理を開始してステップ1005に進み、Modeの値が「1」であるか否かを判定する。この場合、先の図9のステップ925の処理によりModeの値は「1」となっているので、CPU71はステップ1005にて「Yes」と判定してステップ1010に進み、第1触媒下流空燃比センサの出力Voxs1が理論空燃比よりもリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりもリーンな空燃比を示す値に変化したか否かを判定する。現時点では、機関の空燃比を第1リーン空燃比に変更した直後であるから、第1触媒下流空燃比センサ出力Voxs1は理論空燃比よりもリッチな空燃比を示している。従って、CPU71はステップ1010にて「No」と判定し、ステップ1095にて本ルーチンを一旦終了する。

## 【0148】

以降、CPU71は図10のステップ1000～1010を繰り返し実行する。また、空燃比は第1リーン空燃比に維持されているから、所定の時間が経過すると図5の時刻t2のように第1触媒下流空燃比センサ出力Voxs1はリッチを示す値からリーンを示す値に変化する。これにより、CPU71はステップ1010に進んだとき、同ステップ1010にて「Yes」と判定してステップ1015に進み、その時点における最上流空燃比センサ66の出力vabyfsの値を変数vabyfsLに格納した後、ステップ1020に進んで第2モードに移行すべくModeの値を「2」に設定する。そして、続くステップ1025にて前回の触媒劣化判定時に既に推定されている後述する触媒全体の最大酸素吸蔵量Cmaxallの値とステップ1025内に記載したテーブルとに基いて係数Kの値を算出・設定し、そ

の後、ステップ1095にて本ルーチンを一旦終了する。

#### 【0149】

これにより、係数Kは、触媒全体の最大酸素吸蔵量C<sub>maxall</sub>の値に応じて変更され、同最大酸素吸蔵量C<sub>maxall</sub>の値が大きいほど0.98（第1リーン空燃比を得るために係数Kの値）に近づくように（小さく）、同最大酸素吸蔵量C<sub>maxall</sub>の値が小さくなるほど1.00（理論空燃比を得るために係数Kの値）に近づくように（大きく）設定される。即ち、ステップ1025においては、係数Kは触媒全体の最大酸素吸蔵量C<sub>maxall</sub>の値に応じて0.98より大きく1.00より小さい任意の値に設定される。

#### 【0150】

この結果、図6のステップ610の実行により、基本燃料噴射量F<sub>base</sub>が係数K倍された値が最終燃料噴射量F<sub>i</sub>として算出され、この最終燃料噴射量F<sub>i</sub>の燃料が噴射されるので、機関の空燃比は理論空燃比よりもリーンであって前記第1リーン空燃比よりもリッチであり、且つ触媒全体の最大酸素吸蔵量C<sub>maxall</sub>の値に応じて変更される（最大酸素吸蔵量C<sub>maxall</sub>が小さくなるにつれて理論空燃比に近づく）前記第2リーン空燃比に制御される。

#### 【0151】

CPU71は、第2モード（Mode=2）となると、以降、同様なモード制御を実行し、モードを第3モードから第4、第5、第6モードへと順次切換えるとともに、各モードに応じた制御を実行していく。簡単に説明すると、図11にそのルーチンをフローチャートにより示した第2モードにおいては、ステップ1105にてModeの値が「2」であるか否かを判定し、Modeの値が「2」であればステップ1105からステップ1110に進み、同ステップ1110にて第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2が理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値に変化したか否かをモニタする。

#### 【0152】

そして、図5の時刻t3に示したように、第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2が理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値に変化すると、ステップ1115に進んで第3モードに移行す

べくModeの値を「3」に設定し、続くステップ1120にて係数Kの値を1.02に設定する。この結果、機関の空燃比が理論空燃比よりリッチな前記第1リッチ空燃比に制御される。

#### 【0153】

同様に、図12にそのルーチンをフローチャートにより示した第3モードにおいては、ステップ1205にてModeの値が「3」であるか否かを判定し、Modeの値が「3」であればステップ1205からステップ1210に進み、同ステップ1210にて第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1が理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値に変化したか否かをモニタする。

#### 【0154】

そして、図5の時刻t4に示したように、第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1が理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値に変化すると、ステップ1210からステップ1215に進んで、その時点における最上流空燃比センサ66の出力vabyfsの値を変数vabyfsRに格納した後、ステップ1220にて第4モードに移行すべくModeの値を「4」に設定する。そして、続くステップ1225にて前回の触媒劣化判定時に既に推定されている後述する触媒全体の最大酸素吸蔵量Cmaxallの値とステップ1225内に記載したテーブルとに基いて係数Kの値を算出・設定し、その後、ステップ1295にて本ルーチンを一旦終了する。

#### 【0155】

これにより、係数Kは、触媒全体の最大酸素吸蔵量Cmaxallの値に応じて変更され、同最大酸素吸蔵量Cmaxallの値が大きいほど1.02（第1リッチ空燃比を得るための係数Kの値）に近づくように（大きく）、同最大酸素吸蔵量Cmaxallの値が小さくなるほど1.00（理論空燃比を得るための係数Kの値）に近づくように（小さく）設定される。即ち、ステップ1225においては、係数Kは触媒全体の最大酸素吸蔵量Cmaxallの値に応じて1.00より大きく1.02より小さい任意の値に設定される。この結果、機関の空燃比が、理論空燃比よりリッチであって前記第1リッチ空燃比よりもリーンであり、且つ触媒全体の最大酸

素吸収量  $C_{maxall}$  の値に応じて変更される（最大酸素吸収量  $C_{maxall}$  が小さくなるにつれて理論空燃比に近づく）前記第2リッチ空燃比に制御される。

## 【0156】

同様に、図13にそのルーチンをフローチャートにより示した第4モードにおいては、ステップ1305にてModeの値が「4」であるか否かを判定し、Modeの値が「4」であればステップ1305からステップ1310に進み、同ステップ1310にて第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2が理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値に変化したか否かをモニタする。

## 【0157】

そして、図5の時刻  $t_5$  に示したように、第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2が理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値に変化すると、ステップ1310からステップ1315に進んで第5モードに移行すべくModeの値を「5」に設定し、続くステップ1320にて係数Kの値を0.98に設定する。この結果、機関の空燃比が、前記第1リーン空燃比に制御される。

## 【0158】

同様に、図14にそのルーチンをフローチャートにより示した第5モードにおいては、ステップ1405にてModeの値が「5」であるか否かを判定し、Modeの値が「5」であればステップ1405からステップ1410に進み、同ステップ1410にて第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1が理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値に変化したか否かをモニタする。

## 【0159】

そして、図5の時刻  $t_6$  に示したように、第1触媒下流空燃比センサ67の出力Voxs1が理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値に変化すると、ステップ1410からステップ1415に進んで第6モードに移行すべくModeの値を「6」に設定し、続くステップ1420にて前回の触媒劣化判定時に既に推定されている後述する触媒全体の最大酸素吸

蔵量 $C_{maxall}$ の値と上述したステップ1025内に記載したテーブルと同一のテーブルであるステップ1420内に記載したテーブルとに基いて係数Kの値（ $0.98 < K < 1.00$ ）を算出・設定する。この結果、機関の空燃比が、前記第2リーン空燃比に制御される。

## 【0160】

また、図15にそのルーチンをフローチャートにより示した第6モードにおいては、ステップ1505にてModeの値が「6」であるか否かを判定し、Modeの値が「6」であればステップ1505からステップ1510に進み、同ステップ1510にて第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2が理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値に変化したか否かをモニタする。

## 【0161】

そして、図5の時刻 $t_7$ に示したように、第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2が理論空燃比よりリッチな空燃比を示す値から同理論空燃比よりリーンな空燃比を示す値に変化すると、ステップ1510からステップ1515に進み、Modeの値を「0」に再設定し、続くステップ1520にて触媒劣化判定実行中フラグXHANの値を「0」に設定した後、ステップ1595に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、CPU71は図9のルーチンを実行する際、ステップ905にて「Yes」と判定してステップ910に進むので、係数Kの値が1.00に戻される。また、他の空燃比フィードバック制御条件、及び他のサブフィードバック制御条件が成立していれば、CPU71はステップ705、及びステップ805にて「Yes」と判定するから、空燃比フィードバック制御、及びサブフィードバック制御が再開される。

## 【0162】

以上、説明したように、触媒劣化判定条件が成立すると、機関の空燃比が、一定値である第1リーン空燃比、前回の触媒全体の最大酸素吸蔵量 $C_{maxall}$ の値に応じて変化する（最大酸素吸蔵量 $C_{maxall}$ が小さくなるにつれて理論空燃比に近く）第2リーン空燃比、一定値である第1リッチ空燃比、前回の触媒全体の最大酸素吸蔵量 $C_{maxall}$ の値に応じて変化する（最大酸素吸蔵量 $C_{maxall}$ が小さく

なるにつれて理論空燃比に近づく) 第2リッチ空燃比、同第1リーン空燃比、及び同第2リーン空燃比の順に強制的に制御される。

## 【0163】

(酸素吸蔵量の推定、並びに最上流空燃比センサの異常判定及び触媒劣化判定)

次に、触媒劣化の判定を行うための最大酸素吸蔵量の推定、並びに最上流空燃比センサ66の異常判定及び推定された最大酸素吸蔵量に基く触媒劣化の判定における作動について説明する。CPU71は図16、17のフローチャートにより示された各ルーチンを所定時間の経過毎に実行するようになっている。

## 【0164】

従って、所定のタイミングになると、CPU71は図16のステップ1600から処理を開始し、ステップ1605に進んで下記数13により酸素吸蔵量変化量 $\Delta O2$ を求める。

## 【0165】

## 【数13】

$$\Delta O2 = 0.23 \cdot mfr \cdot (abyfs - stoich)$$

## 【0166】

次いで、CPU71はステップ1610に進んでModeの値が「3」であるか否かを判定し、Modeの値が「3」であれば同ステップ1610にて「Yes」と判定してステップ1615に進む。そして、CPU71は、ステップ1615にてその時点の第3モードの酸素吸蔵量OSA3に上記酸素吸蔵量変化量 $\Delta O2$ の絶対値を加えた値を新たな酸素吸蔵量OSA3として設定し、その後ステップ1650に進む。なお、酸素吸蔵量変化量 $\Delta O2$ の絶対値を加えることとしたのは、上記数1と上記数13との比較から明らかなように、数13によれば第3モードにおける酸素吸蔵量変化量 $\Delta O2$ が負の値として算出されるからである。

## 【0167】

このような処置(ステップ1600~1615)は、Modeの値が「3」である限り繰り返し実行される。この結果、第1触媒53の上流の空燃比が第1リッチ空燃比とされる第3モード( $Mode=3$ )において、第1触媒53の酸素吸蔵量OSA3が算出されて行く。なお、ステップ1610での判定において「No」と判

定される場合、CPU71は同ステップ1610からステップ1620に直接進む。

#### 【0168】

CPU71は、ステップ1620に進んだ場合、Modeの値が「4」であるか否かを判定し、Modeの値が「4」であれば同ステップ1620にて「Yes」と判定してステップ1625に進む。そして、CPU71は、ステップ1625にてその時点の第4モードの酸素吸蔵量OSA4に上記酸素吸蔵量変化量△O2の絶対値を加えた値を新たな酸素吸蔵量OSA4として設定し、その後ステップ1650に進む。なお、酸素吸蔵量変化量△O2の絶対値を加えることとしたのは、上記数3と上記数13との比較から明らかなように、数13によれば第4モードにおける酸素吸蔵量変化量△O2が負の値として算出されるからである。

#### 【0169】

このような処置（ステップ1600, 1605, 1610, 1620, 1625）は、Modeの値が「4」である限り繰り返し実行される。この結果、第1触媒53の上流の空燃比が第2リッチ空燃比とされる第4モード（Mode=4）において、第2触媒54の酸素吸蔵量OSA4が算出されて行く。なお、ステップ1620での判定において「No」と判定される場合、CPU71は同ステップ1620からステップ1630に直接進む。

#### 【0170】

同様に、CPU71はステップ1630に進んだ場合、Modeの値が「5」であるか否かを判定し、Modeの値が「5」であればステップ1635に進み、その時点の第5モードの酸素吸蔵量OSA5に上記酸素吸蔵量変化量△O2を加えた値を新たな酸素吸蔵量OSA5として設定し、その後ステップ1650に進む。

#### 【0171】

このような処置（ステップ1600, 1605, 1610, 1620, 1630, 1635）は、Modeの値が「5」である限り繰り返し実行される。この結果、第1触媒53の上流の空燃比が第1リーン空燃比とされる第5モード（Mode=5）において、第1触媒53の酸素吸蔵量OSA5が算出されて行く。なお、ステップ1630での判定において「No」と判定される場合、CPU71は同ステ

ップ1630からステップ1640に直接進む。

#### 【0172】

同様に、CPU71はステップ1640に進んだ場合、Modeの値が「6」であるか否かを判定し、Modeの値が「6」であればステップ1645に進み、その時点の第6モードの酸素吸収量OSA6に上記酸素吸収量変化量△O2を加えた値を新たな酸素吸収量OSA6として設定し、その後ステップ1650に進む。

#### 【0173】

このような処置（ステップ1600, 1605, 1610, 1620, 1630, 1640, 1645）は、Modeの値が「6」である限り繰り返し実行される。この結果、第1触媒53の上流の空燃比が第2リーン空燃比とされる第6モード（Mode=6）において、第2触媒54の酸素吸収量OSA6が算出されて行く。なお、ステップ1640での判定において「No」と判定される場合、CPU71は同ステップ1640からステップ1650に直接進む。

#### 【0174】

そして、CPU71は、ステップ1650に進むと、同ステップ1650にて燃料噴射量Fiの合計量mfrを「0」に設定し、その後ステップ1695に進んで本ルーチンを一旦終了する。

#### 【0175】

また、CPU71は図17に示した最上流空燃比センサ66の異常判定及び触媒劣化判定のためのルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、CPU71はステップ1700から処理を開始し、ステップ1702に進んで触媒劣化判定実行中フラグXHANの値が「1」から「0」に変化したか否かをモニタする。このとき、第6モードが終了して、先に説明した図15のステップ1520にて触媒劣化判定実行中フラグXHANの値が「0」に変更されると、CPU71はステップ1702にて「Yes」と判定してステップ1704に進む。なお、触媒劣化判定実行中フラグXHANの値が変化していないければ、CPU71はステップ1702からステップ1795に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

#### 【0176】

いま、第6モードが終了した直後であるとすると、触媒劣化判定実行中フラグXHANの値が「1」から「0」に変更された直後であるから、CPU71はステップ1702からステップ1704に進み、その時点の酸素吸蔵量OSA3, OSA4, OSA5、及びOSA6を、最大酸素吸蔵量CSCmax3（第1触媒第1最大酸素吸蔵量）、CUFmax4（第2触媒第1最大酸素吸蔵量）、CSCmax5（第1触媒第2最大酸素吸蔵量）、及びCUFmax6（第2触媒第2最大酸素吸蔵量）として格納する。

## 【0177】

次いで、CPU71はステップ1706に進み、変数vabyfsLの値と、変数vabyfsRの値と、上記数9に基くステップ1706内に記載した式とに基いて、偏差dvrefの値に対する偏差(vabyfsL-vabyfsR)の値の比率((vabyfsL-vabyfsR)/dvref)が最上流空燃比センサ劣化判定基準値 $\alpha$ より小さいか否かを判定し、同比率((vabyfsL-vabyfsR)/dvref)が最上流空燃比センサ劣化判定基準値 $\alpha$ より小さいとき、ステップ1708にて最上流空燃比センサ異常判定結果フラグXSENTRの値を「1」に設定し、これにより最上流空燃比センサ66が異常である（劣化した）ことを示す。ここで、ステップ1706及びステップ1708は触媒上流空燃比センサ異常検出手段に対応している。

## 【0178】

他方、ステップ1706の判定において、上記比率((vabyfsL-vabyfsR)/dvref)が最上流空燃比センサ劣化判定基準値 $\alpha$ 以上であるとき、CPU71はステップ1710に進んで最上流空燃比センサ異常判定結果フラグXSENTRの値を「0」に設定し、これにより最上流空燃比センサ66が正常である（劣化していない）ことを示す。

## 【0179】

次に、CPU71はステップ1712に進み、同ステップ1712にて最大酸素吸蔵量CSCmax3と最大酸素吸蔵量CSCmax5の平均値を、第1触媒53の平均最大酸素吸蔵量CSCmaxとして格納する。

## 【0180】

次に、CPU71はステップ1714に進んで平均最大酸素吸蔵量CSCmax

が第1触媒劣化判定基準値CSCR<sub>ave</sub>以下か否かを判定し、平均最大酸素吸収量CSC<sub>max</sub>が第1触媒劣化判定基準値CSCR<sub>ave</sub>以下であるとき、ステップ1716に進み、最上流空燃比センサ異常判定結果フラグXSEN<sub>R</sub>の値が「0」であるか否かを判定する。

## 【0181】

このステップ1716の判定にて最上流空燃比センサ異常判定結果フラグXSEN<sub>R</sub>の値が「0」であれば、CPU71はステップ1718にて第1触媒劣化判定結果フラグXSCRの値を「1」に設定し、これにより第1触媒53が劣化したことを示す。他方、ステップ1716の判定において、最上流空燃比センサ異常判定結果フラグXSEN<sub>R</sub>の値が「0」でなければ（即ち「1」であれば）ステップ1720にて第1触媒劣化判定結果フラグXSCRの値を「2」に設定し、これにより第1触媒53の劣化判定が行なわれていないことを示す。

## 【0182】

一方、ステップ1714の判定において、平均最大酸素吸収量CSC<sub>max</sub>が第1触媒劣化判定基準値CSCR<sub>ave</sub>より大きいとき、CPU71はステップ1722にて第1触媒劣化判定結果フラグXSCRの値を「0」に設定し、これにより第1触媒53が劣化していないことを示す。

## 【0183】

このようにして、CPU71は、平均最大酸素吸収量CSC<sub>max</sub>が第1触媒劣化判定基準値CSCR<sub>ave</sub>以下である場合（第1触媒53が劣化しているという判定をすべき状態にある場合）、最上流空燃比センサ66の異常が検出されていないときは第1触媒53が劣化しているという判定を行うが、最上流空燃比センサ66の異常が検出されているときには第1触媒53が劣化しているという判定を行わない。また、平均最大酸素吸収量CSC<sub>max</sub>が第1触媒劣化判定基準値CSCR<sub>ave</sub>より大きい場合（第1触媒53が劣化していないという判定をすべき状態にある場合）、CPU71は最上流空燃比センサ66の異常が検出されているか否かに拘わらず、第1触媒53が劣化していないという判定を行う。

## 【0184】

次いで、CPU71はステップ1724に進み、最大酸素吸収量CUF<sub>max4</sub>と

最大酸素吸蔵量 CUF<sub>max</sub>の平均値を第2触媒54の平均最大酸素吸蔵量 CUF<sub>max</sub>として格納し、続くステップ1726にて平均最大酸素吸蔵量 CUF<sub>max</sub>が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rave</sub>以下か否かを判定する。そして、平均最大酸素吸蔵量 CUF<sub>max</sub>が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rave</sub>以下であるとき、CPU71はステップ1728に進み、最上流空燃比センサ異常判定結果フラグ XSENTR の値が「0」であるか否かを判定する。

## 【0185】

このステップ1728の判定にて最上流空燃比センサ異常判定結果フラグ XSENTR の値が「0」であれば、CPU71はステップ1730にて第2触媒劣化判定結果フラグ XUF<sub>R</sub>の値を「1」に設定し、これにより第2触媒54が劣化したことを示す。他方、ステップ1728の判定において、最上流空燃比センサ異常判定結果フラグ XSENTR の値が「0」でなければ（即ち「1」であれば）、ステップ1732にて第2触媒劣化判定結果フラグ XUF<sub>R</sub>の値を「2」に設定し、これにより第2触媒54の劣化判定が行なわれていないことを示す。

## 【0186】

一方、ステップ1726の判定において、平均最大酸素吸蔵量 CUF<sub>max</sub>が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rave</sub>より大きいとき、CPU71はステップ1734にて第2触媒劣化判定結果フラグ XUF<sub>R</sub>の値を「0」に設定し、これにより第2触媒54が劣化していないことを示す。

## 【0187】

このようにして、CPU71は、平均最大酸素吸蔵量 CUF<sub>max</sub>が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rave</sub>以下である場合（第2触媒54が劣化しているという判定をすべき状態にある場合）、最上流空燃比センサ66の異常が検出されていないときは第2触媒54が劣化しているという判定を行うが、最上流空燃比センサ66の異常が検出されているときには第2触媒54が劣化しているという判定を行わない。また、平均最大酸素吸蔵量 CUF<sub>max</sub>が第2触媒劣化判定基準値 CUF<sub>Rave</sub>より大きい場合（第2触媒54が劣化していないという判定をすべき状態にある場合）、CPU71は最上流空燃比センサ66の異常が検出されているか否かに拘わらず、第2触媒54が劣化していないという判定を行う。

## 【0188】

次に、CPU71はステップ1736に進んで第1触媒53の最大酸素吸収量に関する値である平均最大酸素吸収量 $CSC_{max}$ と第2触媒54の最大酸素吸収量に関する値である平均最大酸素吸収量 $CUF_{max}$ との和が触媒全体劣化判定基準値 $CRave$ 以下か否かを判定する。そして、前記和が触媒全体劣化判定基準値 $CRave$ 以下であるとき、CPU71はステップ1738に進み、最上流空燃比センサ異常判定結果フラグXSEN Rの値が「0」であるか否かを判定する。

## 【0189】

このステップ1738の判定にて最上流空燃比センサ異常判定結果フラグXSEN Rの値が「0」であれば、CPU71はステップ1740にて触媒全体判定結果フラグXALL Rの値を「1」に設定し、これにより第1触媒53及び第2触媒54が全体として劣化したことを示す。他方、ステップ1738の判定において、最上流空燃比センサ異常判定結果フラグXSEN Rの値が「0」でなければ（即ち「1」であれば）、ステップ1742にて触媒全体判定結果フラグXALL Rの値を「2」に設定し、これにより第1触媒53及び第2触媒54全体としての劣化判定が行われていないことを示す。

## 【0190】

一方、ステップ1736の判定において、上記和が触媒全体劣化判定基準値 $CRave$ より大きいとき、CPU71はステップ1744にて触媒全体判定結果フラグXALL Rの値を「0」に設定し、これにより第1触媒53及び第2触媒54が全体としては劣化していないことを示す。

## 【0191】

このようにして、CPU71は、上記和が触媒全体劣化判定基準値 $CRave$ 以下である場合（第1触媒53及び第2触媒54が全体として劣化しているという判定をすべき状態にある場合）、最上流空燃比センサ66の異常が検出されていないときは第1触媒53及び第2触媒54が全体として劣化しているという判定を行うが、最上流空燃比センサ66の異常が検出されているときには第1触媒53及び第2触媒54が全体として劣化しているという判定を行わない。また、上記和が触媒全体劣化判定基準値 $CRave$ より大きい場合（第1触媒53及び第2

触媒54が全体としては劣化していないという判定をすべき状態にある場合)、CPU71は最上流空燃比センサ66の異常が検出されているか否かに拘わらず、第1触媒53及び第2触媒54が全体としては劣化していないという判定を行う。

## 【0192】

次いで、CPU71はステップ1746に進み、酸素吸蔵量OSA3、OSA4、OSA5、及びOSA6の各々の値を総べて「0」に設定し、続くステップ1748に進んで上記平均最大酸素吸蔵量CSC<sub>max</sub>の値と上記平均最大酸素吸蔵量CUF<sub>max</sub>の値との和を触媒全体の最大酸素吸蔵量C<sub>maxall</sub>としてバックアップRAM74に格納した後、ステップ1795に進んで本ルーチンを一旦終了する。

## 【0193】

以上、説明したように、本発明による触媒劣化判定装置の触媒劣化判定方法によれば、第1触媒53、及び第2触媒54の下流に、それぞれ第1触媒下流空燃比センサ67、及び第2触媒下流空燃比センサ68を配置したので、各触媒の酸素吸蔵量が「0」となったとき、及び最大酸素吸蔵量となったときを確実に検出することができ、その結果、第1触媒53、及び第2触媒54の最大酸素吸蔵量CSC<sub>max</sub>、CUF<sub>max</sub>を精度良く求めることができる。従って、第1触媒53、及び第2触媒54が劣化しているか否かを独立して精度よく判定することができる。また、第1触媒53、及び第2触媒54を一つの触媒装置として見たとき、その触媒装置全体が劣化したか否かを判定することもできる。

## 【0194】

また、触媒劣化判定実行中において、第2リーン空燃比を、前回の触媒劣化判定時に既に推定されている触媒全体の最大酸素吸蔵量C<sub>maxall</sub>の値に応じて変更し、常にその時点における前記触媒装置のウインドウ幅の上限値近傍の空燃比になるように設定した(図5の時刻t<sub>2</sub>～t<sub>3</sub>、及びt<sub>6</sub>～t<sub>7</sub>を参照。)。

## 【0195】

このように第2リーン空燃比を常にその時点における前記触媒装置のウインドウ幅の上限値近傍の空燃比とするのは次の理由による。即ち、第2リーン空燃比

の混合気が第1，第2触媒53，54に流入することで第2触媒下流空燃比センサ68の出力V<sub>oxs2</sub>が理論空燃比よりもリッチな空燃比を示す値から理論空燃比よりもリーンな空燃比を示す値となったとき（図5の時刻t<sub>3</sub>及びt<sub>7</sub>を参照。）、内燃機関10の排気ポート34から第2触媒下流空燃比センサ68までの排気通路51，52及び触媒53，54により形成される空間内に第2リーン空燃比のガスが充填されている。また、このとき、第1，第2触媒53，54の酸素吸蔵量は共に最大酸素吸蔵量CSC<sub>max</sub>，CUF<sub>max</sub>となっており、同第1，第2触媒53，54の酸素吸蔵機能は共に働かないから、窒素酸化物NO<sub>x</sub>が排出され易くなっている。

## 【0196】

従って、第2リーン空燃比が前記触媒装置のウインドウ幅の上限値よりも大きく上回っているリーン空燃比であるとすると、この充填されたガスに含まれる窒素酸化物NO<sub>x</sub>の量が多く、また、第1，第2触媒53，54の酸素吸蔵機能が働かない状態であって且つ同第1，第2触媒53，54の還元機能による窒素酸化物NO<sub>x</sub>の浄化効率も低下しているので、第2触媒下流空燃比センサ出力リーン反転時（図5の時刻t<sub>3</sub>及びt<sub>7</sub>を参照。）直後において窒素酸化物NO<sub>x</sub>が大量に大気中に排出されてしまう。

## 【0197】

これに対し、上記実施形態のように、第2リーン空燃比を常にその時点における前記触媒装置のウインドウ幅の上限値近傍の空燃比とすることにより、第2触媒下流空燃比センサ出力リーン反転時直後における前記触媒装置の還元機能による窒素酸化物NO<sub>x</sub>の浄化効率が所定の高い値以上に維持され、同反転時の直後における窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量を極力低減できる。さらには、第2リーン空燃比が理論空燃比から極力離れた空燃比に設定されるので、同第2リーン空燃比が予め理論空燃比に近いリーンな空燃比に設定される場合に比して第2触媒54の酸素吸蔵量を最大酸素吸蔵量に到達させるまでの期間（図5の時刻t<sub>2</sub>～t<sub>3</sub>、及びt<sub>6</sub>～t<sub>7</sub>）を短くすることができ、最大酸素吸蔵量を算出するための期間（図5の時刻t<sub>1</sub>～t<sub>7</sub>）も短くできる。

## 【0198】

また、第1リーン空燃比を、第2リーン空燃比よりもリーンな空燃比（前記触媒装置の新品時点でのウインドウ幅の上限値を若干上回った空燃比）に設定した（図5の時刻t<sub>1</sub>～t<sub>2</sub>、及びt<sub>5</sub>～t<sub>6</sub>を参照。）。このように第1リーン空燃比を第2リーン空燃比よりもリーンな空燃比に設定するのは以下の理由による。

## 【0199】

即ち、第1触媒上流の空燃比が第1リーン空燃比に制御されている期間においては、第1触媒53の酸素吸蔵量は時間の経過とともに増加するものの同期間の終了時点までは最大酸素吸蔵量CSCmaxに達していない。一方、この期間の終了時点である第1触媒下流空燃比センサ67の出力が理論空燃比よりもリーンな空燃比であることを示す時点までは、第1触媒53からリーン空燃比のガスが流出し始めていないので、第2触媒54の酸素吸蔵量は「0」のまま維持されている。

## 【0200】

従って、第1リーン空燃比を上記触媒装置としてのウインドウ幅の上限値よりある程度上回った空燃比に設定しても、第1触媒上流の空燃比が同第1リーン空燃比に制御されている期間においては、第1触媒53に流入する窒素酸化物NOxは第1触媒53及び第2触媒54の酸素吸蔵機能により浄化され、大気中に排出されることはない。従って、上記実施形態のように、第1リーン空燃比を第2リーン空燃比よりもリーンな空燃比に設定することにより、第1リーン空燃比が第2リーン空燃比と同一の空燃比に設定される場合に比して第1触媒53の酸素吸蔵量を最大酸素吸蔵量に到達させるまでの期間（図5の時刻t<sub>1</sub>～t<sub>2</sub>、及びt<sub>5</sub>～t<sub>6</sub>）を短くすることができ、最大酸素吸蔵量を算出するための期間（図5の時刻t<sub>1</sub>～t<sub>7</sub>）をさらに短くできる。

## 【0201】

同様に、触媒劣化判定実行中において、第2リッチ空燃比を、前回の触媒劣化判定時に既に推定されている触媒全体の最大酸素吸蔵量Cmaxallの値に応じて変更し、常にその時点における前記触媒装置のウインドウ幅の下限値近傍の空燃比になるよう設定した（図5の時刻t<sub>4</sub>～t<sub>5</sub>を参照。）。

## 【0202】

このように第2リッチ空燃比を常にその時点における前記触媒装置のウインドウ幅の下限値近傍の空燃比とするのは次の理由による。即ち、第2リッチ空燃比の混合気が第1，第2触媒53，54に流入することで第2触媒下流空燃比センサ68の出力Voxs2が理論空燃比よりもリーンな空燃比を示す値から理論空燃比よりもリッチな空燃比を示す値となったとき（図5の時刻t5を参照。）、内燃機関10の排気ポート34から第2触媒下流空燃比センサ68までの排気通路51，52及び触媒53，54により形成される空間内に第2リッチ空燃比のガスが充填されている。また、このとき、第1，第2触媒53，54の酸素吸蔵量は共に「0」となっており、同第1，第2触媒53，54の酸素放出機能は共に働かないから、未燃CO，HCが排出され易くなっている。

## 【0203】

従って、第2リッチ空燃比が前記触媒装置のウインドウ幅の下限値よりも大きく下回っているリーン空燃比であるとすると、この充填されたガスに含まれる未燃CO，HCの量が多く、また、第1，第2触媒53，54の酸素放出機能が働かない状態であって且つ同第1，第2触媒53，54の酸化機能による未燃CO，HCの浄化効率も低下しているので、第2触媒下流空燃比センサ出力リッチ反転時（図5の時刻t5を参照。）直後において未燃CO，HCが大量に大気中に排出されてしまう。

## 【0204】

これに対し、上記実施形態のように、第2リッチ空燃比を常にその時点における前記触媒装置のウインドウ幅の下限値近傍の空燃比とすることにより、第2触媒下流空燃比センサ出力リッチ反転時直後における前記触媒装置の酸化機能による未燃CO，HCの浄化効率が所定の高い値以上に維持され、同反転時の直後における未燃CO，HCの排出量を極力低減できる。さらには、第2リッチ空燃比が理論空燃比から極力離れた空燃比に設定されるので、同第2リッチ空燃比が予め理論空燃比に近いリッチな空燃比に設定される場合に比して第2触媒54の酸素吸蔵量を消費して「0」に到達させるまでの期間（図5の時刻t4～t5）を短くすることができ、最大酸素吸蔵量を算出するための期間（図5の時刻t1～

$t_7$ ) も短くできる。

#### 【0205】

また、第1リッチ空燃比を、第2リッチ空燃比よりもリッチな空燃比（前記触媒装置の新品時点でのウインドウ幅の下限値を若干下回った空燃比）に設定した（図5の時刻  $t_3 \sim t_4$  を参照。）。このように第1リッチ空燃比を第2リッチ空燃比よりもリッチな空燃比に設定するのは以下の理由による。

#### 【0206】

即ち、第1触媒上流の空燃比が第1リッチ空燃比に制御されている期間においては、第1触媒53の酸素吸蔵量は時間の経過とともに減少するものの同期間の終了時点までは残存している。一方、この期間の終了時点である第1触媒下流空燃比センサ67の出力が理論空燃比よりもリッチな空燃比であることを示す時点までは、第1触媒53からリッチ空燃比のガスが流出し始めていないので、第2触媒54の酸素吸蔵量は最大酸素吸蔵量CUF<sub>max</sub>のまま維持されている。

#### 【0207】

従って、第1リッチ空燃比を上記触媒装置としてのウインドウ幅の下限値よりある程度下回った空燃比に設定しても、第1触媒上流の空燃比が同第1リッチ空燃比に制御されている期間においては、第1触媒53に流入する未燃CO, HCは第1触媒53及び第2触媒54の酸素放出機能により浄化され、大気中に排出されることはない。従って、上記実施形態のように、第1リッチ空燃比を第2リッチ空燃比よりもリッチな空燃比に設定することにより、第1リッチ空燃比が第2リッチ空燃比と同一の空燃比に設定される場合に比して第1触媒53の酸素吸蔵量を消費して「0」に到達させるまでの期間（図5の時刻  $t_3 \sim t_4$ ）を短くすることができ、最大酸素吸蔵量を算出するための期間（図5の時刻  $t_1 \sim t_7$ ）をさらに短くできる。

#### 【0208】

さらには、最上流空燃比センサ66の劣化が進行して同最上流空燃比センサ66の異常が検出されている場合であっても第1触媒53, 第2触媒54, 及び上記触媒装置が劣化していないという判定を行うので、各触媒が劣化していないという判定結果が得られている間は同最上流空燃比センサ66を交換する必要がな

く同最上流空燃比センサ66の交換時期を遅らせることができる。また、最上流空燃比センサ66の異常が検出されている場合には各触媒が劣化しているという判定を行わないので、各触媒が劣化したか否かを定する際、誤判定を行うことを防止できる。

## 【0209】

本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記第1リッチ空燃比、上記第2リッチ空燃比、上記第1リーン空燃比、及び上記第2リーン空燃比は、それぞれ対応する各モード実行中に渡り一定としていたが可変としてもよい。

## 【0210】

また、上記実施形態においては、第2リーン空燃比及び第2リッチ空燃比を、劣化指標値である前回の触媒劣化判定時に既に推定されている触媒全体の最大酸素吸蔵量 $C_{maxall}$ の値に応じて変更していたが、第1触媒53の最大酸素吸蔵量 $C_{SCmax}$ の値、第2触媒54の最大酸素吸蔵量 $C_{UFmax}$ の値、又は第1触媒53の最大酸素吸蔵量 $C_{SCmax}$ の値及び第2触媒54の最大酸素吸蔵量 $C_{UFmax}$ の値の各々に対して所定の重み付けをしてそれらを加算した値を劣化指標値として採用し、これらの値に応じて第2リーン空燃比及び第2リッチ空燃比を変更してもよい。

## 【0211】

この場合、例えば、第2触媒54の最大酸素吸蔵量 $C_{UFmax}$ の値を劣化指標値として採用するときには、第2リーン空燃比を第2触媒54の劣化度に応じて狭くなる同第2触媒54のその時点におけるウインドウ幅の上限値近傍の空燃比に、第2リッチ空燃比を同第2触媒54のその時点におけるウインドウ幅の下限値近傍の空燃比に、第1リーン空燃比を同第2触媒54の新品時点におけるウインドウ幅の上限値を若干上回った空燃比に、第1リッチ空燃比を同第2触媒54の新品時点におけるウインドウ幅の下限値を若干下回った空燃比になるように設定してもよい。

## 【0212】

また、上記実施形態においては、第2リーン空燃比及び第2リッチ空燃比を、

図示しない第1触媒53の温度を取得する第1触媒温度取得手段により取得される同第1触媒53の温度及び／又は図示しない第2触媒54の温度を取得する第2触媒温度取得手段により取得される同第2触媒の温度に応じて変化する値に基いて変更してもよい。

## 【0213】

また、上記実施形態においては、第1、第2触媒53、54の各々の最大酸素吸収量 $CSC_{max}$ 、 $CUF_{max}$ を、最上流空燃比センサ66の出力 $vabyfs$ の値に基いて推定していたが、同最上流空燃比センサ66の異常が検出されている場合、各モード実行中に渡り一定とされる既知である第1触媒上流空燃比の値に基いて推定してもよい。具体的には、例えば、図5の第3モード（時刻 $t_3 \sim t_4$ ）においては、第1触媒上流空燃比は一定の第1リッチ空燃比（ $stoich/1.02$ ）であるから、時刻 $t_3 \sim t_4$ までの時間を $\Delta t_3$ 、第1リッチ空燃比を $abyfR1$ 、その間における単位時間当たりの燃料供給量を $mfr_3$ とすれば、上記数1及び上記数2から、最大酸素吸収量 $CSC_{max3}$ は $0.23 \cdot mfr_3 \cdot (stoich - abyfR1) \cdot \Delta t_3$ として求めてもよい。

## 【0214】

また、上記実施形態においては、触媒劣化判定条件が成立したときに、その時点の第1触媒下流空燃比センサ出力 $Voxs1$ 、及び第2触媒下流空燃比センサ出力 $Voxs2$ に拘らず第1触媒上流空燃比を第1リーン空燃比に設定していたが、触媒劣化判定条件成立時における第1触媒下流空燃比センサ出力 $Voxs1$ 、及び第2触媒下流空燃比センサ出力 $Voxs2$ に応じて、酸素吸収量推定のために最初に設定される第1触媒上流空燃比を異なる空燃比に設定することが、エミッションを低減する上で好ましい。

## 【0215】

具体的に述べると、触媒劣化判定条件が成立したとき、第1触媒下流空燃比センサ出力 $Voxs1$ 、及び第2触媒下流空燃比センサ出力 $Voxs2$ が共にリッチな空燃比であることを示している場合には、上記実施形態のとおり、第1モードから第1触媒上流空燃比の制御を始める。即ち、第1触媒上流空燃比を第1リーン空燃比とする。

## 【0216】

一方、触媒劣化判定条件が成立したとき、第1触媒下流空燃比センサ出力 $V_{OxS1}$ がリーン、及び第2触媒下流空燃比センサ出力 $V_{OxS2}$ がリッチであることを示している場合、第1触媒上流空燃比を第2リーン空燃比とする第2モードから制御を開始する。

## 【0217】

また、触媒劣化判定条件が成立したとき、第1触媒下流空燃比センサ出力 $V_{OxS1}$ 、及び第2触媒下流空燃比センサ出力 $V_{OxS2}$ が共にリーンな空燃比であることを示している場合には、第1触媒上流空燃比を第1リッチ空燃比とする第3モードから制御を開始する。この場合、最初の第3モード、第4モードにおいて推定される最大酸素吸収量は正確ではないので、同最大酸素吸収量を触媒劣化判定には使用せず、第6モードの終了後に再度第3モード、第4モードを順に実行して各モードで各最大酸素吸収量を測定し、それらの最大酸素吸収量を触媒劣化判定に使用することが好ましい。なお、この場合、最初の第5モードで得られる第1触媒53の最大酸素吸収量は第1触媒第1最大酸素吸収量、次の第6モードで得られる第2触媒54の最大酸素吸収量は第2触媒第1最大酸素吸収量、次の第3モードで得られる第1触媒53の最大酸素吸収量は第1触媒第2最大酸素吸収量、次の第4モードで得られる第2触媒54の最大酸素吸収量は第2触媒第2最大酸素吸収量に相当する。

## 【0218】

そして、第1触媒第1最大酸素吸収量と第1触媒第2最大酸素吸収量に基づいて（例えば、それらの平均値に基づいて）、第1触媒53が劣化しているか否かを判定し、第2触媒第1最大酸素吸収量と第2触媒第2最大酸素吸収量に基づいて（例えば、それらの平均値に基づいて）、第2触媒54が劣化しているか否かを判定してもよい。また、これら4つの最大酸素吸収量（の平均値）に基づいて、第1触媒53と第2触媒54とを一つの触媒装置とみなしたときの、同触媒装置が劣化しているか否かを判定してもよい。

## 【0219】

更に、触媒劣化判定条件が成立したとき、第1触媒下流空燃比センサ出力 $V_{OxS}$

1がリッチ、及び第2触媒下流空燃比センサ出力V<sub>oxs2</sub>がリーンであることを示している場合、第1触媒上流空燃比を第2リッチ空燃比とする第4モードから制御を開始する。この場合、最初の第4モードにおいて推定される最大酸素吸蔵量は正確ではないので同最大酸素吸蔵量を触媒劣化判定には利用しないように構成する。そして、第5、第6モードの実行後に第3、第4モードを実行し、これらのモードにおいて推定された最大酸素吸蔵量を触媒劣化判定に使用するように構成することが好適である。なお、この場合（触媒劣化判定条件が成立したとき、第1触媒下流空燃比センサ出力V<sub>oxs1</sub>がリッチ、及び第2触媒下流空燃比センサ出力V<sub>oxs2</sub>がリーンであることを示している場合）には、NO<sub>x</sub>の排出量を低減するため、第1リッチ空燃比から制御を開始し、第2触媒下流空燃比センサ出力V<sub>oxs2</sub>がリーンからリッチを示す値に反転した時点から、上記第5、6、3、4モードを順に実行して最大酸素吸蔵量を求めるように構成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による触媒劣化判定方法を実行する排気浄化装置（触媒劣化判定装置）を搭載した内燃機関の概略図である。

【図2】 図1に示したエアフローメータの出力電圧と計測された吸入空気量との関係を示したマップである。

【図3】 図1に示した最上流空燃比センサの出力電圧と空燃比との関係を示したマップである。

【図4】 図1に示した第1触媒下流空燃比センサ、及び第2触媒下流空燃比センサの出力電圧と空燃比との関係を示したマップである。

【図5】 図1に示した触媒劣化判定装置が触媒劣化判定を実行する際の制御される第1触媒上流の空燃比、各空燃比センサの出力、各触媒の酸素吸蔵量の変化を示したタイムチャートである。

【図6】 図1に示したCPUが実行する燃料噴射量計算のためのルーチンを示したフローチャートである。

【図7】 図1に示したCPUが実行する空燃比フィードバック補正量を計算するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図8】 図1に示したCPUが実行するサブフィードバック制御量を計算する

ためのルーチンを示したフローチャートである。

【図9】 図1に示したC P Uが実行する触媒劣化判定を開始するか否かを決定するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図10】 図1に示したC P Uが実行する第1モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図11】 図1に示したC P Uが実行する第2モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図12】 図1に示したC P Uが実行する第3モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図13】 図1に示したC P Uが実行する第4モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図14】 図1に示したC P Uが実行する第5モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図15】 図1に示したC P Uが実行する第6モードのルーチンを示したフローチャートである。

【図16】 図1に示したC P Uが実行する酸素吸収量を算出するためのルーチンを示したフローチャートである。

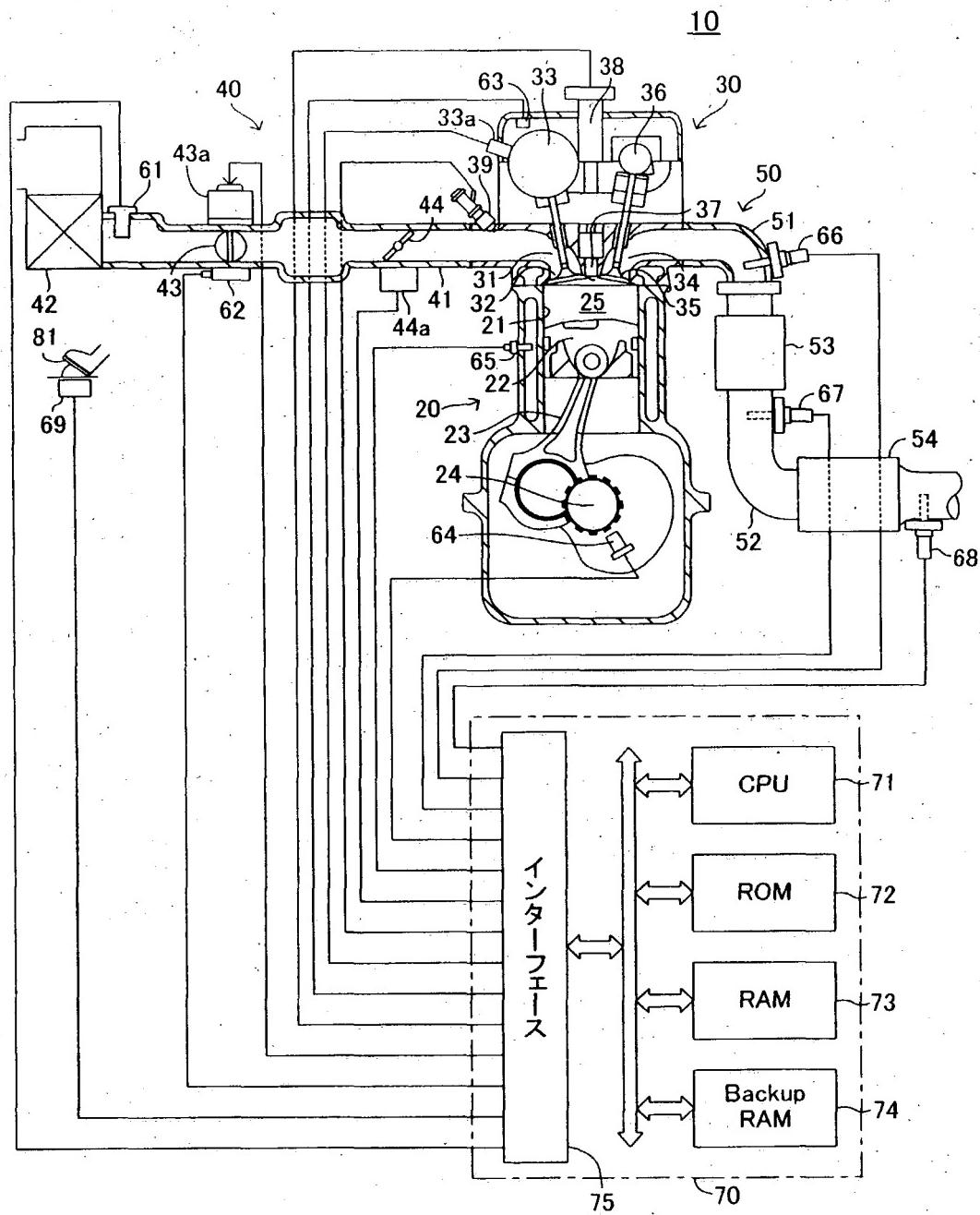
【図17】 図1に示したC P Uが実行する最上流空燃比センサの異常判定及び触媒劣化判定を行うためのルーチンを示したフローチャートである。

#### 【符号の説明】

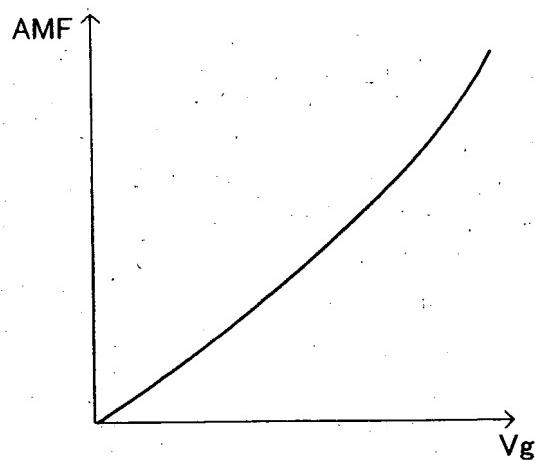
1 0 … 内燃機関、 2 5 … 燃焼室、 3 9 … インジェクタ、 5 2 … エキゾーストパイプ（排気管）、 5 3 … 三元触媒（第1触媒、 前段触媒）、 5 4 … 三元触媒（第2触媒、 後段触媒）、 6 6 … 最上流空燃比センサ、 6 7 … 第1触媒下流空燃比センサ、 6 8 … 第2触媒下流空燃比センサ、 7 0 … 電気制御装置、 7 1 … C P U。

【書類名】 図面

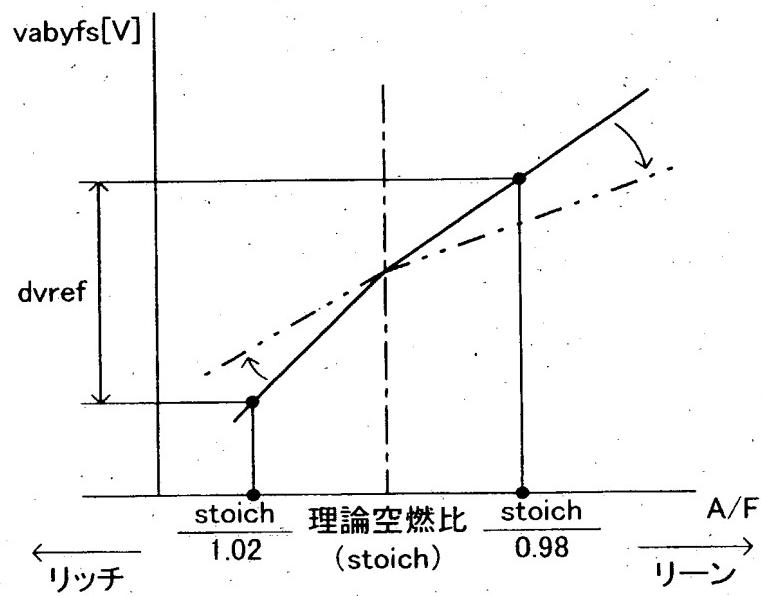
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

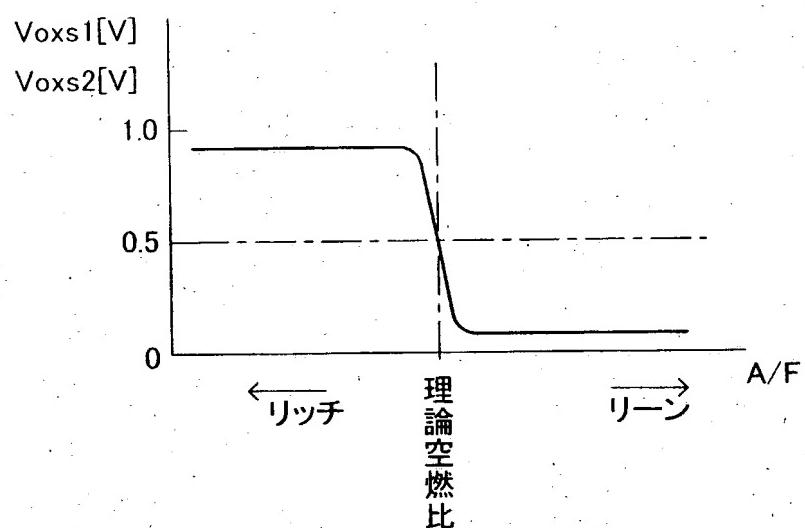
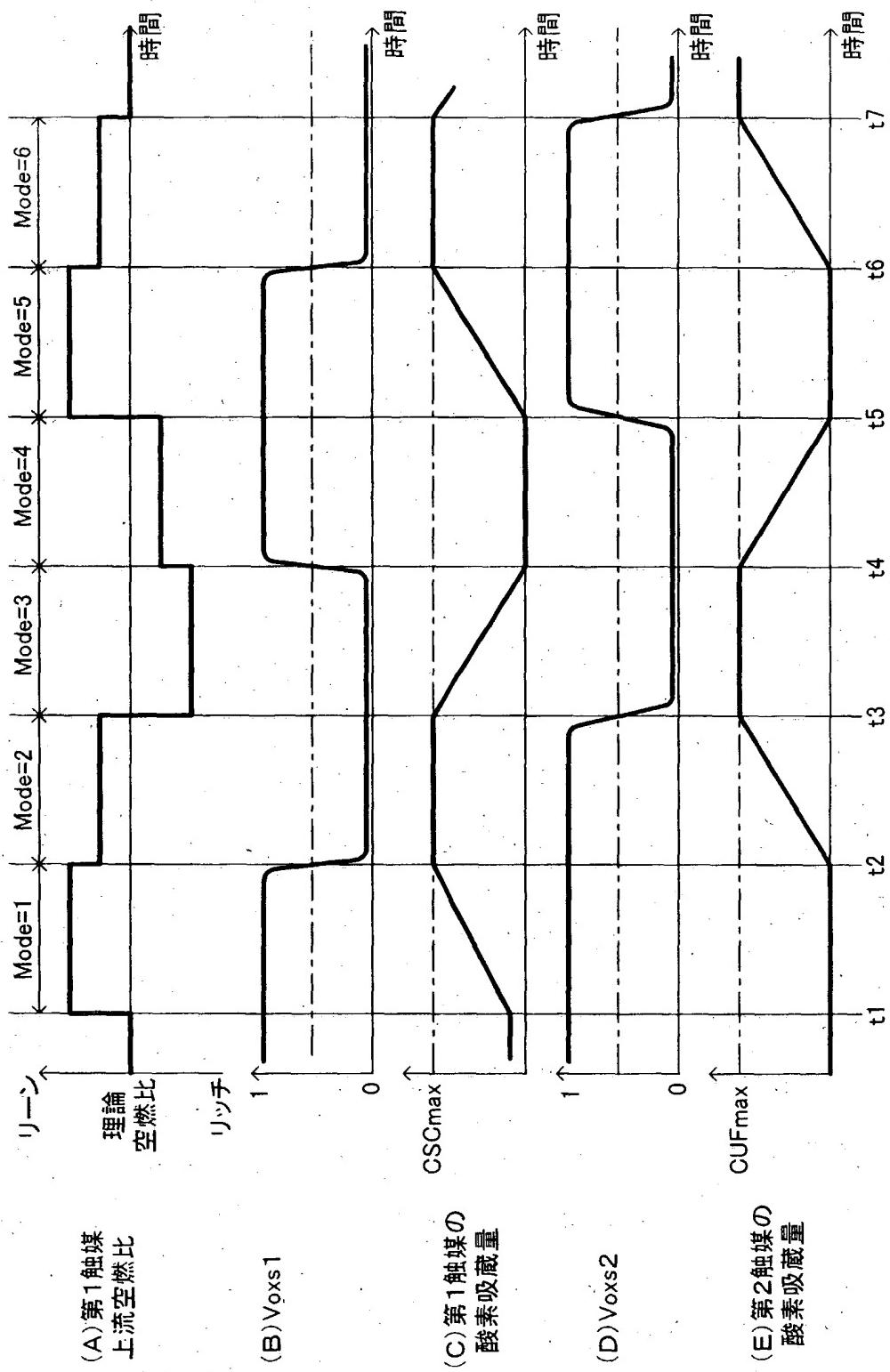
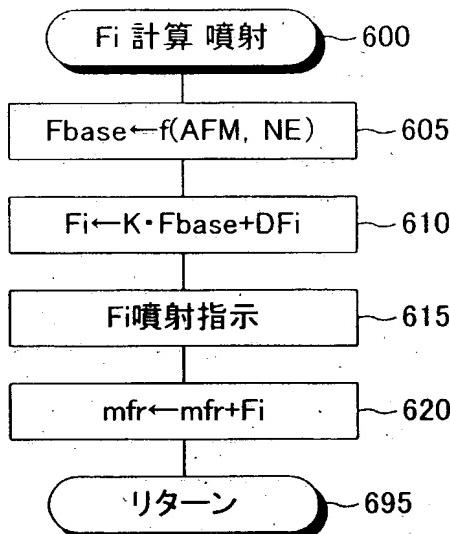


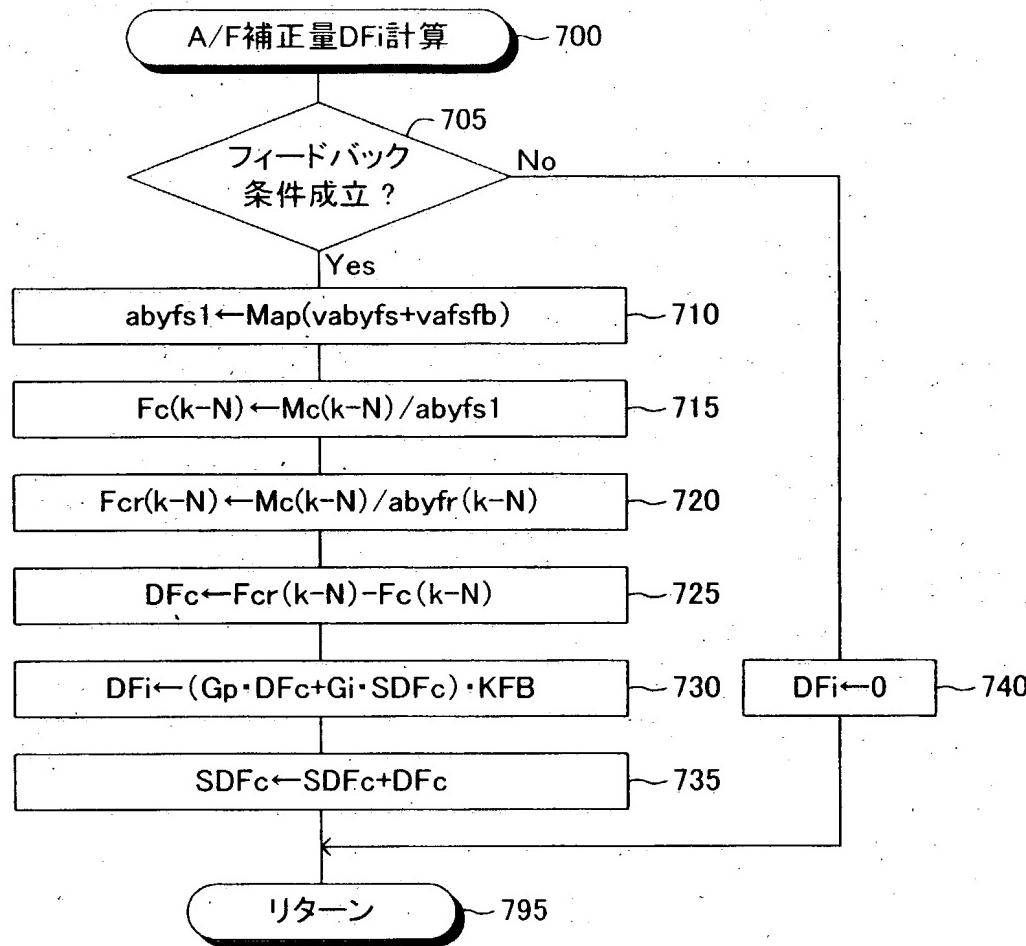
図5】



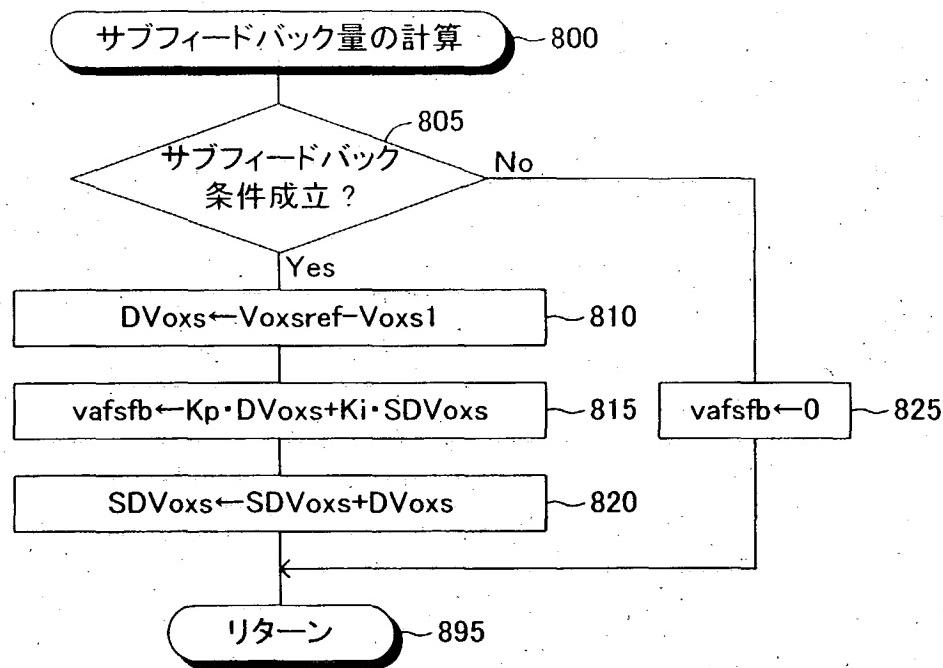
【図6】



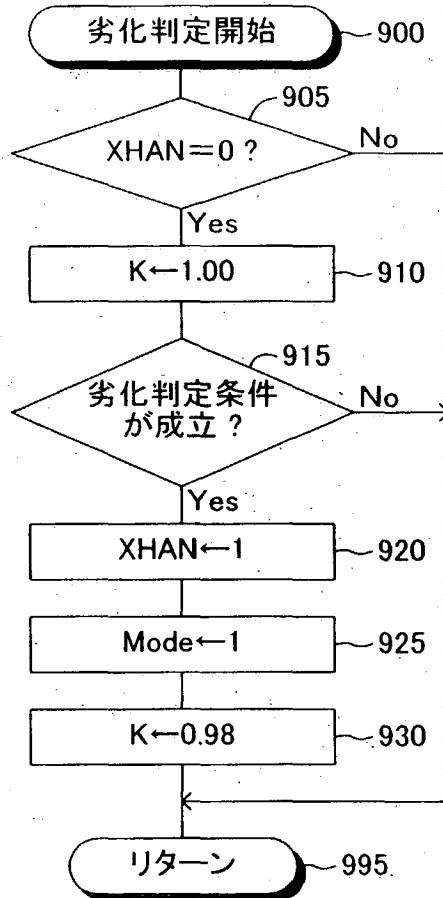
【図7】



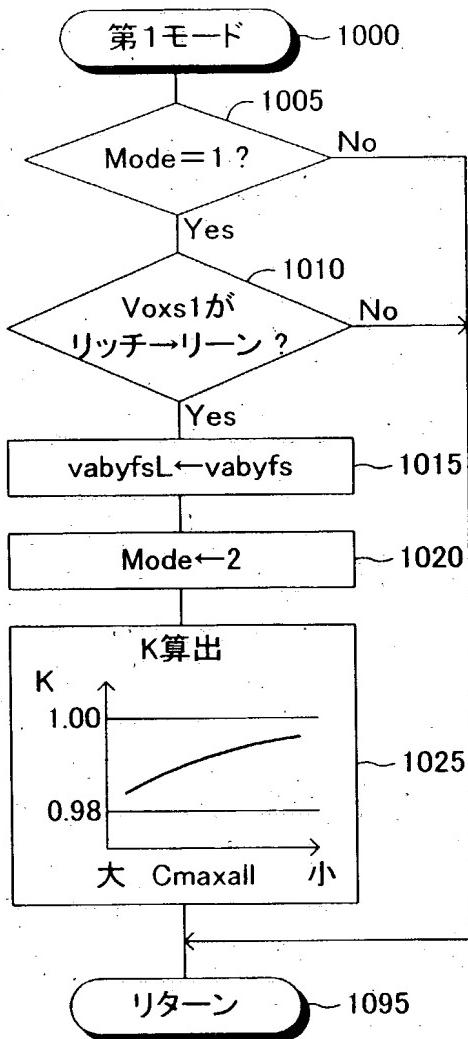
【図8】



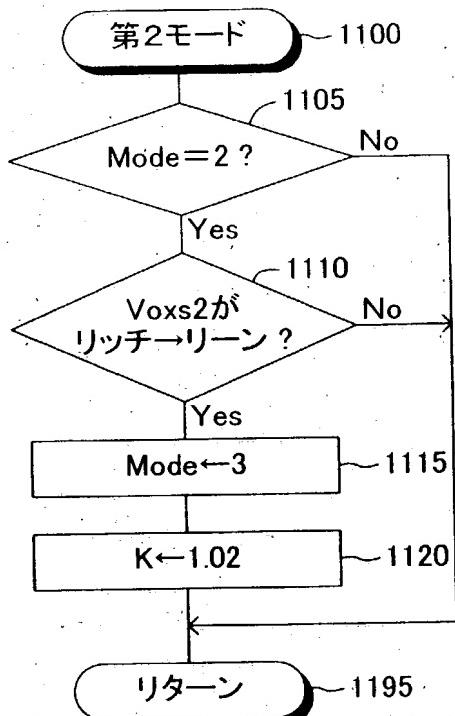
【図9】



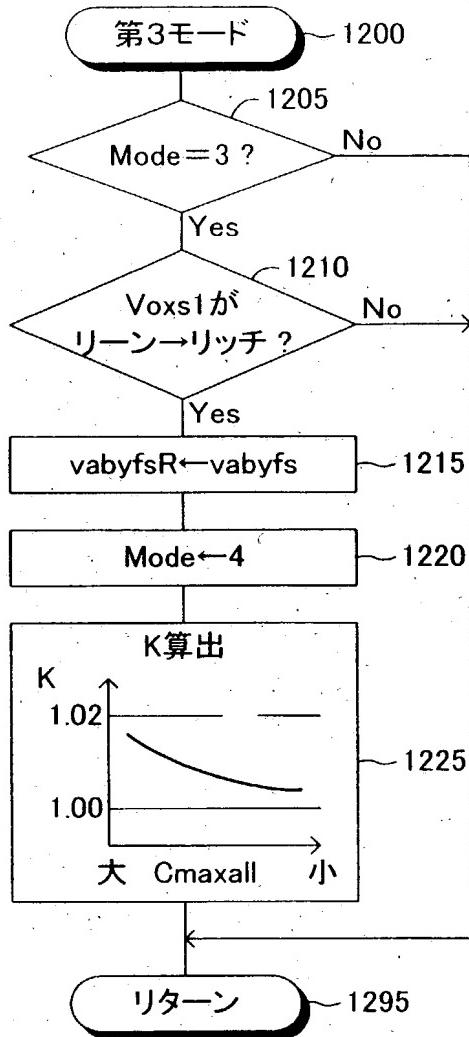
【図10】



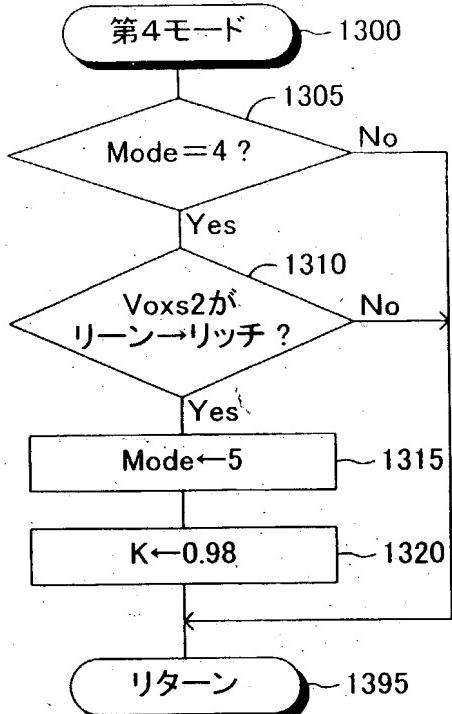
【図11】



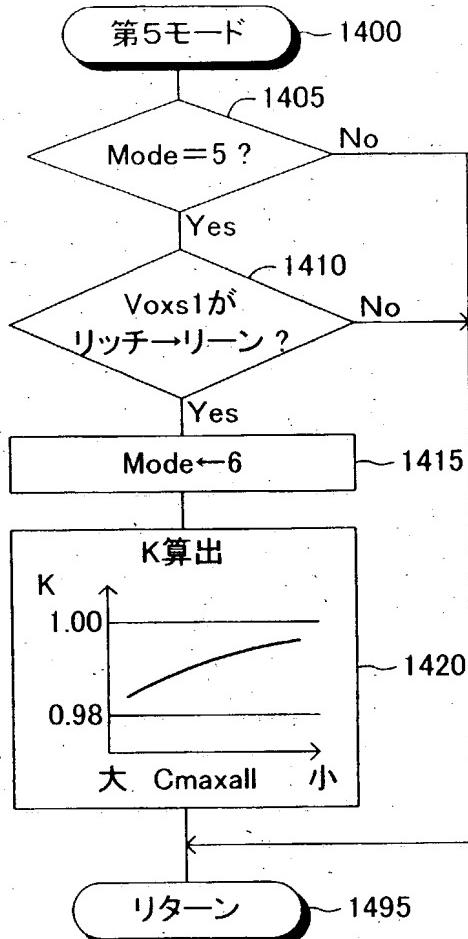
【図12】



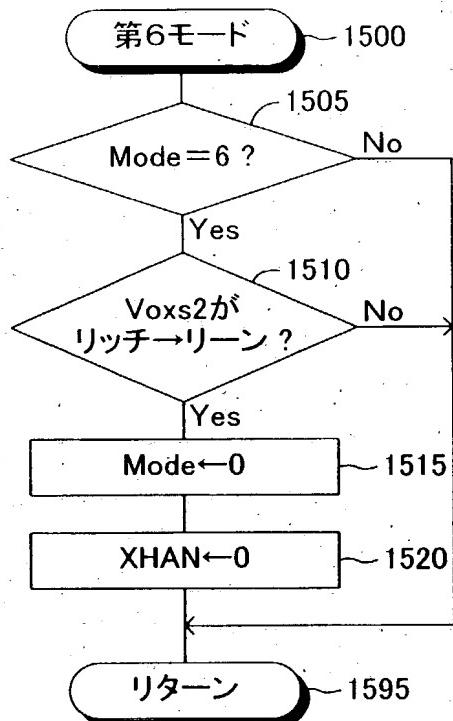
【図13】



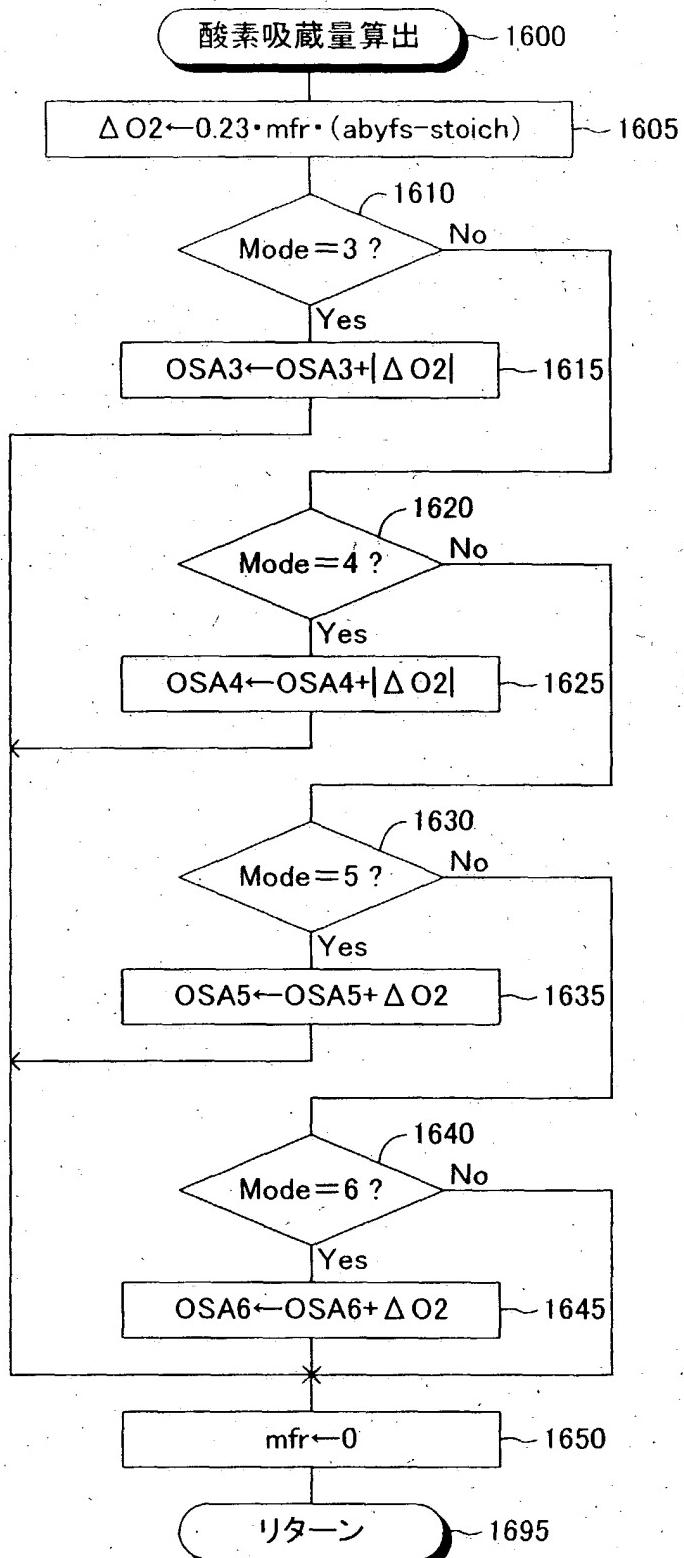
【図14】



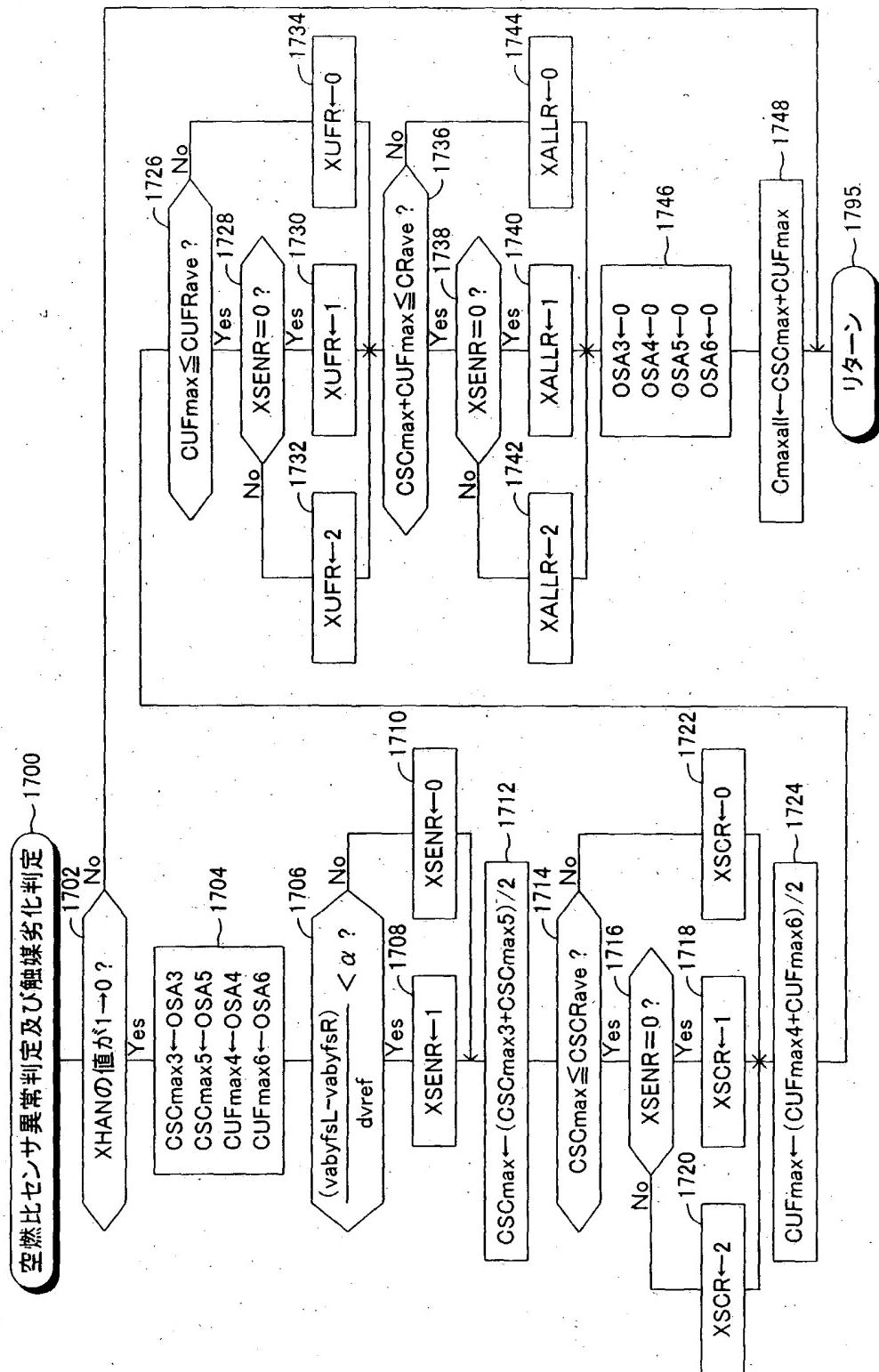
【図15】



【図16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 有害成分の排出量を極力低減しつつ比較的短期間で触媒劣化判定に必要な最大酸素吸蔵量を推定し得る触媒劣化判定方法を提供すること。

【解決手段】 この触媒劣化判定方法は、機関の空燃比を、時刻  $t_1 \sim t_3$  にて所定のリーン空燃比に制御し、第1触媒及びその下流の第2触媒の酸素吸蔵量をそれぞれ最大酸素吸蔵量に到達せしめる。次いで、第1触媒下流空燃比センサ出力  $V_{OxS1}$  がリッチに変化する時刻  $t_4$  まで、前記空燃比を第1、第2触媒からなる触媒装置の新品時点でのウインドウ幅の下限値を若干下回った空燃比に制御し、第1触媒の最大酸素吸蔵量  $C_{SCmax}$  を推定する。次に、第2触媒下流空燃比センサ出力  $V_{OxS2}$  がリッチに変化する時刻  $t_5$  まで、前記空燃比を前記触媒装置の劣化度に応じて狭くなる同触媒装置の現時点でのウインドウ幅の下限値近傍の空燃比に制御し、第2触媒の最大酸素吸蔵量  $C_{UFmax}$  を推定する。

【選択図】 図5

## 認定・付加情報

特許出願の番号 特願2002-201544  
 受付番号 50201011411  
 書類名 特許願  
 担当官 第三担当上席 0092  
 作成日 平成14年 7月11日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】	平成14年 7月10日
【特許出願人】	
【識別番号】	000003207
【住所又は居所】	愛知県豊田市トヨタ町1番地
【氏名又は名称】	トヨタ自動車株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100088971
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名 古屋K Sビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	大庭 咲夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115185
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名 古屋K Sビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	加藤 慎治
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115233
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名 古屋K Sビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	樋口 俊一

出願人履歴情報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日 1990年 8月27日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
氏 名 トヨタ自動車株式会社